

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Кузьмінський Є.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки _____ 6.051401 «Біотехнологія»
(код і назва)

на тему: Біотехнологія очищення стічних вод крохмалепаточного комбінату та міста

Виконала: студентка 4 курсу, групи БЕ-51
(шифр групи)

_____ Романовська Людмила Андріївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ Козар М. Ю., к.т.н., доц. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Галкін О. Ю., д.б.н., професор _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД КРОХМАЛЕПАТОЧНОГО ЗАВОДУ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ

- 1.1. Основні етапи формування і характеристика стічних вод крохмалепаточного заводу
- 1.2. Характеристика суміші стічних вод, що надходять на очищення
- 1.3. Вибір технології попереднього очищення стічних вод крохмалепаточного заводу
- 1.4. Характеристика активного мулу

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖЕННЯ ОСАДІВ

- 2.1. Характеристика метаногенів
- 2.2. Схема перебігу процесу анаеробного зброджування в метантенку

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 3.1. Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста і крохмалепаточного заводу
- 3.2. Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод
- 3.3. Контроль виробництва
- 3.4. Матеріальний баланс

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

- 4.1. Розрахунок витрат стічних вод
- 4.2. Розрахунок концентрацій забруднень стічних вод
- 4.3. Розрахунок необхідного ступеню очищення стічних вод міста та крохмалепаточного заводу

| | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|--|---|------|---------|--|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | Біотехнологія очищення стічних вод крохмалепаточного комбінату та міста | Літ. | Арк. | Акрушів | |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | КПІ ім.. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | | | |

4.4. Розрахунок очисних споруд

4.5. Розрахунок метантенку

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Вітчизняна крахмалепаточна промисловість виробляє з картоплі і кукурудзи сухий крохмаль, патоку, харчовий модифікований крохмаль, декстрини, кукурудзяну олію, кристалічну глюкозу, екстракти і корми.

В Україні використовується п'ять видів крохмалю: рисовий, картопляний, кукурудзяний, пшеничний, маніоковий. Але виробляється всього два: картопляний і кукурудзяний.

На першому місці в рейтингу по кількості можливих шляхів використання хімічних властивостей крохмалю та інших продуктів переробки кукурудзи, пшениці і картоплі є саме харчова промисловість. Вона широко використовує глютен, кукурудзяну олію і безпосередньо крохмаль. Вони стали незамінними складовими в технології виробництва джемів, напоїв, ковбас, соусів, сухих сніданків, а також хлібобулочних і кондитерських виробів. Зазвичай, їх виробники закупають готову сировину, уникаючи процесу виготовлення крохмалю на власних підприємствах.

Сполучною ланкою крохмаль виступає і в паперово-целюлозній промисловості. Тут він цінується за високу ступінь доступності ресурсу (з кожним врожаєм) і низьку ціну. Частка цієї галузі займає 14% [15]. Не можуть обійтися без продукції з крохмалю фармацевтика, косметична і текстильна галузь. У медицині це сировина служить не тільки при виготовленні препаратів зовнішнього застосування (мазі, присипки,), але і для порошків, таблеток, які надають лікам консистенцію і форму

Збільшення попиту на модифікований крохмаль спричинило збільшення в світі виробництво крохмалю та крохмалевмісних продуктів, що зумовлене бажанням надати більше властивостей крохмалю, завдяки різним видам

| | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|---------------|--|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | Вступ | Літ. | Арк. |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | Акрушів |
| Реценз. | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | |

обробки.

Обсяг виробництва крохмалепродуктів в світі у 2012 році склав 72 млн тон, з них нативного крохмалю – 3,5 млн т. Щорічна потреба у крохмалю на одну особу в Україні складає 1 кг [15].

Обсяг виробництва крохмалю в Україні у 2012 році склав 56 782 тонн, що перевищує на 19% обсяг виробництва крохмалю за 2011 рік – 47 700 тонн [15].

Кукурудзяний крохмаль є переважаючим видом серед інших видів крохмалю за обсягом виробництва в Україні. Його частка у виробництві на 2011 рік склала 84%, а у 2012 році – 92,6%. Це пов'язано з суттєвим збільшенням врожаю даної культури. На 2013 рік частка вироблених продуктів на внутрішнє виробництво складає – 22%, а на імпорт – 78%. Помітна позитивна тенденція збільшення виробництва крохмалю в Україні з 2006 року по 2015 рік обсяг збільшився з 1534 т до 29 000 т крохмалю [15].

Об'єкт дослідження: біотехнологія біологічного очищення стічних вод міста та крохмалепаточного заводу з отриманням біогазу при переробці надлишкового активного мулу.

Предмет дослідження: утилізація надлишкового активного мулу з одночасним отриманням енергії.

Актуальність теми дипломного проекту полягає в тому, що не має нових рішень для вирішення проблеми очищення стічних вод підприємств харчової промисловості.

Метою даного дипломного проекту є вибір та обґрунтування ефективної біотехнології очищення стічних вод міста та крохмалепаточного заводу.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Розглянути характеристику фізико-хімічного складу виробничих стічних вод крохмалепаточного заводу, етапи їх утворення та очищення.
2. Проаналізувати існуючі технології очищення стічних вод та обрати найбільш ефективну.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. Провести необхідні розрахунки: витрат стічних вод, концентрацій забруднень стічних вод, ступеня очищення стічних вод міста та крохмалепаточного заводу, основного та допоміжного обладнання.
4. Запроектувати метантенк для зброджування осадів та надлишкового активного мулу .
5. Навести основні вимоги щодо техніки безпеки та охорони праці та довкілля.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД КРОХМАЛЕПАТОЧНОГО ЗАВОДУ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ

1.1. Основні етапи формування і характеристика стічних вод крохмалепаточного заводу

До підприємств крохмалепаточної промисловості відносяться заводи і цехи комбінованої переробки картоплі на крохмаль і спирт, картопляного крохмалю, кукурудзяно-патоковий і кукурудзяно-крохмальні заводи, заводи з переробки картоплі на сухий крохмаль і кукурудзи на сухий крохмаль.

Стічні води на підприємствах крохмалепаточної промисловості утворюються в результаті технологічних процесів переробки сировини від гідротранспортера, миття сировини і обладнання, охолодження апаратів, вакуум-насосів, повітродувок, холодильників, барометричних конденсаторів [1].

Спиртові заводи в залежності від виду сировини, що переробляється, діляться на дві групи:

1) переробляючі крохмалевмісну сировину (картопля та зернові культури);

2) переробляючі мелясу (відходи цукробурякового виробництва). На спиртових заводах, що переробляють крохмалевмісну сировину, організовано виробництво сухих кормових дріжджів, що вирощуються на зернокартопляній барді, і виробництво харчової рідкої вуглекислоти, що отримується з газів спиртового бродіння. На м'ясно-спиртових комбінатах є виробництво хлібопекарських дріжджів, що виділяються із м'ясної бражки; виробництво сухих кормових дріжджів, що вирощуються на м'ясній барді, і виробництво рідкої харчової вуглекислоти, що отримується з газів спиртового бродіння [1].

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|--|---------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | Характеристика стічних вод крохмалепаточного заводу та міста. Обґрунтування технології попереднього очищення | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | | |

Сировиною для виробництва хлібопекарських дріжджів на спеціалізованих заводах служить цукробурякова меляса. Виробництво крохмалю включає наступні стадії: гідротранспортування і мийку картоплі, її подрібнення, відділення клітинного соку від подрібненої картоплі, трикратну, промивку решти маси для виділення крохмалю, зневоднення мезги. Крохмальну патоку отримують шляхом кислотного гідролізу крохмалю з наступною нейтралізацією, очищенням і освітленням патокового сиропу активованим вугіллям і випарюванням сиропу.

При переробці картоплі також утворюються транспортерно-мийні води [1].

На крохмалепаточному заводі стічні води утворюються:

- а) при транспортуванні і мийці бульб картоплі;
- б) в результаті багаторазового промивання крохмалю і мезги;
- в) при митті технологічного обладнання, сит;
- г) при змиві бруду з фільтр-пресу;
- д) в процесі випарювання і уварювання сиропу (конденсат вторинної пари);
- е) при охолодженні продуктів, напівпродуктів і машин [1].

Середньорічна кількість стічних вод цехів комбінованої переробки картоплі на крохмаль і спирт на змішану сировину (картопля і зерно) на 1 т сухого крохмалю при прямоточній системі водопостачання складає 137,7 м³, в тому числі 137,0 м³ - виробничих і 0,7 м³ господарсько побутових, а при роботі на картопляній сировині витрати становлять 200; 199,3; 0,7 м³ відповідно. Коефіцієнт нерівномірності надходження стоків влітку і взимку дорівнює одиниці [19].

На кукурудзяно-патокових заводах з системою повторного використання води середньорічна кількість стічних вод на 1 т патоки становить 34,06 м³, з них 4,52 м³ - виробничих, 0,24 м³ - господарсько-побутових і 29,3 м³ - умовно чистих. Коефіцієнт нерівномірності надходження стоків взимку і влітку дорівнює одиниці [21].

На кукурудзяно-крохмальних заводах при виробництві крохмалю з прямотруменними системами водопостачання на 1 т крохмалю середньорічна кількість стічних вод становить 15,0 м³, з них 3,0 м³ виробничих, 1,5 м³ господарсько-побутових, 10,5 м³ умовно чистих, а при виробництві глюкози з

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

повторним використанням води на 1 т глюкози витрата стоків становить 262,2 м³, в тому числі 5,8 м³ виробничих, 0,4 м³ господарсько-побутових і 256,0 м³ умовно чистих [21].

При переробці картопляної сировини утворюються транспортерно-мийні води, а при переробці пшениці, кукурудзи, рису - стічні води попередньої обробки зерна.

Стічні води підприємств крохмало-патокової промисловості можна розділити на чотири категорії: пресові, промивні, транспортеро-мийні та сокові.

Транспортерно-мийні води утворюються при гідротранспорті та митті картоплі. Кількість їх залежить від ступеня забрудненості картоплі, типу мийних машин і становить 1300-1400% від ваги картоплі, що переробляється. По відношенню до загального стоку заводу ці води складають 55% [20].

Кількість транспортерно-мийних стічних вод становить від 6 до 8 м³ на 1 т картоплі з пониженням до 5 в разі повторного використання на гідравлічному транспортері.

Транспортерно-мийні води мають жовто-бурий колір, землисто-картопляний запах; рН = 6,5; завислих речовин - 950-30600 мг/дм³ восени і 600-4700 навесні; БСК₅ - 100-500 мг/дм³ восени і навесні, біхроматна окислюваність 500-2000 мг/дм³ восени і 300-1300 мг/дм³ навесні [1].

Транспортерно-мийні води і промивні води в загальному комплексі стічних вод картопляно-крохмальних заводів є розбавляючими, так як містять менші концентрації забруднень в порівнянні з соковими і пресовими водами.

Соківі води являють собою розріджений клітинний сік картоплі. Вони утворюються шляхом виділення крохмалю на осадових центрифугах і промивання його на гідроциклонах або промивних чанах. Кількість сокових вод становить 7-12 м³ на 1 т перероблюваної картоплі і залежить від потужності заводу [20].

Забруднення складаються з великої кількості органічних розчинних і нерозчинних речовин, здатних до загнивання і бродіння, а також невеликої кількості неорганічних солей калію і фосфорної кислоти. Характерною

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

особливістю цих стічних вод є бродіння. В процесі бродіння утворюється молочна, масляна кислоти і виділяється неприємний запах. Завершується процес бродіння гниттям з інтенсивним виділенням сірководню.

Залежно від умов роботи підприємства концентрація сокової води коливається в межах 0,6-1,0% [1].

До складу сухих речовин сокової води входить до 15% мінеральних, 35-40% азотистих і білкових сполук, приблизно 10% крохмалю, 20-25% розчинних цукрів, 3% жиру і до 15% інших речовин [20].

За хімічним складом сокова вода є органічним, переважно азотнокалійним добривом.

Промивні води утворюються в процесі промивки крохмалю. Кількість їх незначна 1-3 м³ на 1 т перероблюваної картоплі. Вміст забруднень промивних вод незначний, так як основна частина їх йде з соковими водами. Забруднення складаються з розчинних речовин картоплі і порівняно невеликої кількості дрібних частинок пульпи і крохмалю [1].

Пресові води з'являються в результаті пресування пульпи шляхом її промивання. Кількість пресових стічних вод становить 0,4-0,6 м³ на 1 т картоплі. Склад забруднень цих стічних вод аналогічний складу забруднень сокових вод [19].

Формування загального стоку підприємства, характер і розміри забруднень залежать від окремих технологічних процесів, джерел утворення стічних вод, їх забруднень. Наприклад, кількість стічних вод від переробки картоплі залежить головним чином від технології зняття шкірки. При очищенні із застосуванням каустичної соди стічні води мають рН = 10-11 [1].

Питома витрата стічних вод па одиницю продукції, що випускається проекцією для заводів, що працюють на змішаній сировині (картопля, зерно), становить 140 м³, а при картопляному - 200 м³ на 1 т сухого крохмалю [19].

Стічні води крохмальних підприємств мають велику кількість органічних, піддаються біологічному (біохімічному) очищенню, забруднень. Концентрація вуглеводів і білків у них вище, ніж у господарсько-побутових стічних вод. Вони

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

мало прозорі, в свіжому стані мають слабо-лужну і в рідкісних випадках кислу реакцію середовища. Зниження рН може бути віднесено за рахунок розвитку в стічних водах молочно- і олійно-кислого бродіння. Розкладання білків супроводжується виділенням сірководню.

Стічні води від виробництва крохмалю з кукурудзи, пшениці, рису відрізняються від стічних вод картопле-крохмального виробництва більш високим вмістом солей натрію і органічних речовин, менш кислою реакцією середовища, непостійним складом [1].

При виробництві крохмалю з використанням кукурудзи в якості сировини стічні води утворюються в розмірі 24-28 м³ на 1 т крохмалю. В цю кількість не входять стічні води попередньої обробки зерна від замочки і набрякання, так як вони проходять обробку в випарних апаратах з подальшим використанням па корм худобі або як вихідна сировина для виробництва пеніциліну [20].

Стічні - води, які утворюються в виробничих процесах на крохмалепаточному заводі, відводять по двох мереж каналізації: відпрацьованих і виробничих забруднених стічних вод.

Воду, використану для охолодження виробничих середовищ в апаратах через поверхню теплообміну (оцукрювачах, дрожжанках, бродильних чанах, дефлегматорах, конденсаторах ,холодильниках і ін.); а також для охолодження продуктів і напівпродуктів ректифікації, повітря, підшипників, компресорів та повітрорудних машин, які не піддаються забрудненню сторонніми домішками; в умовах нормальної експлуатації відводять в мережу відпрацьованих вод і використовують повторно в системі оборотного водопостачання після охолодження і профілактичної дезінфекції [1].

У мережу виробничих забруднених стічних вод відводять води зі значною концентрацією розчинених, колоїдних і завислих органічних речовин, які швидко заброджують і загнивають. Сюди відносяться води від мийки технологічної апаратури, підлог, лютерная вода, продувне скидання транспортерно-мийних вод після багаторазового використання, а також відходи виробництва спирту

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

(післяспиртова барда), кормових дріжджів (післядріжджова мелясна барда) , хлібопекарських дріжджів (післядріжджова бражка) на спеціалізованих заводах

На заводах, що переробляють картоплю, додатково влаштовують каналізаційну мережу транспортерно-мийних вод, куди направляють стічні води від гідравлічного транспортера і від мийки бульб картоплі. Основними видами забруднень цих вод є зважені речовини (земля, пісок і т. д.), а також розчинені складові ґрунту і поверхневі органічні речовини бульб, кількість яких різко зростає при транспортуванні та митті пошкоджених, загнилих або підморожених бульб картоплі [1].

1.2. Характеристика суміші стічних вод, що надходять на очищення

На очищення надходить 90 000 м³, з них побутових 80 000 м³.

Кількість і характеристика промислових забруднених вод наведено в табл. 1.2.1 [1]

Таблиця 1.2.1 Кількість і характеристика промислових стічних вод

| Показники | Усереднене Значення |
|--|---|
| Завислі речовини, мг/дм ³ | 620 |
| Біогенні елементи, мг/дм ³ | Р (Р ₂ О ₅) – 2,4 |
| | Азот заг.(розч. орг і амон. азот) – 389 |
| ХСК, мг О ₂ / дм ³ | 2400 |
| БСК ₅ , мг О ₂ / дм ³ | 1500 |
| рН | 5,4 |
| БСК _{пов} , мг О ₂ /дм ³ | 2000 |
| ПАР, мг/дм ³ | 21 |

При виробництві картопляного крохмалу і патоки утворюються побічні продукти - стічні води, які в основному містять розчинені органічні речовини.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кількість і характеристика суміші забруднених вод наведено в табл. 1.2.2 [1]

| Показники | Усереднене Значення |
|--|-----------------------------|
| Завислі речовини, мг/дм ³ | 220 |
| БСК _{пов} , мг О ₂ /дм ³ | 255 |
| ХСК, мг О ₂ /дм ³ | 350 |
| ПАР, мг/дм ³ | 8,49 |
| рН | 6,5-7,5 |
| Фосфати, мг/дм ³ | 4,5-6 |
| Азот, мг/дм ³ | Амон. - 30 |
| | Нітратів і нітритів - 40 |

1.3. Вибір технології попереднього очищення стічних вод крохмалепаточного заводу

Проблему утилізації забруднення промислових стічних вод можна вирішити різними шляхами:

- попередити їх виникнення, тобто створити максимально безвідходні виробництва, що є пріоритетом майбутнього;
- очищення СВ на заводських очисних спорудах із поверненням частини води у виробничий цикл, а інша частина очищених стічних вод направляється в природні водойми.
- очищення промислових СВ на міських очисних спорудах із відведенням промислових стічних вод у каналізаційні мережі;

Як бачимо, є багато шляхів вирішення проблеми забруднень стічних вод. Але в пріоритеті має бути створення саме безвідходних або маловідходних технологій. Ці технології є здебільшого напрямком майбутнього, адже вони вимагають значних капіталовкладень. На жаль, безвідходною на 100% технологія бути не може. Безпосереднє скидання стічних вод у природні водойми,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навіть із дотриманням санітарно-гігієнічних вимог є небажаним. Це спричинено поступовим погіршенням якості вод природних водойм і тим, що із зміною фоновому стану водних джерел, для дотримання вимог ГДК, необхідно буде проводити очищення промислових стічних вод.

Класифікація стічних вод, безумовно, має важливе значення для вибору заходів з утилізації та очистки стічних вод, але важливе значення мають і умови відведення стічних вод. Очищені або частково очищені стічні води можуть бути відведені у каналізаційну мережу, або скинуті у природні водойми, але слід враховувати умови водовідведення. Для скиду промислових стічних вод в каналізаційну мережу, вони повинні відповідати ряду вимог. Крім того, за відведення стічних вод у каналізацію необхідно платити. Тому, з економічної точки зору, більш раціональним є очищення стічних вод з наступним скиданням в природні водойми. Виробничі стічні води, які не відповідають вимогам нормативів якості, повинні підлягати попередньому очищенню [9].

Технологія очищення за допомогою біофільтраційних установок

Біофільтрацію здійснюють на 5-секційному (дисковому) біофільтрі з обертовою біоплівкою. Ультрафільтраційні дослідження проводили на установці з використанням мембран: УАМ-150, УАМ-200. Основний її елемент - двокамерна розділяюча осередок комірка плоскорамного типу. Вона складається із середньої частини і двох: фланців, на яких по черзі розташовуються металева сітка, пориста підкладка, і досліджувана мембрана. При ущільненні фланців і середньої частини використовувалися прокладки. Швидкість руху розчинів в мембранному каналі визначається товщиною прокладки. В експериментальних максимальна швидкість розчинів становила 0,25 м/с, робоча площа мембран $7,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ [22].

Дослідження проводять за наступною технологічною схемою (рис. 1.3.1). Стічна вода з ємності вихідного розчину, проходячи фільтр попереднього очищення, насосом подається в біофільтр, де частково очищується і надходить в проміжну ємність. З ємності насосом стічна вода подається на ультрафільтраційну установку, де ділиться на пермеат (очищений) і пенетрат

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

(концентрований). Пермеат з гранично допустимою концентрацією збирається в ємності для господарських потреб. Концентрат по лінії рециркуляції подається в ємність вихідного розчину для нового циклу розділення. В процесі проведення очищення відбирають проби пермеату та пенетрату на аналіз, вимірюють продуктивність, контролюють тиск і температуру [22].

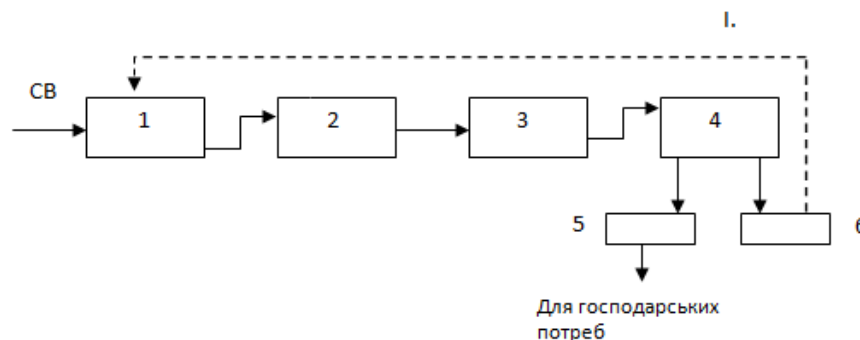


Рисунок 1.3.1 Технологія очищення за допомогою біофільтраційних установок: 1 – фільтр попереднього очищення; 2 – 5-секційний дисковий біофільтр з обертовою біоплівкою; 3 – проміжна ємність; 4 – ультрафільтраційна установка; 5 – пермеат (очищений); 6 – пенетрат (концентрований).

I. Рециркуляція концентрату на початок для нового циклу очищення.

Селективність і питома продуктивність знижуються зі збільшенням концентрації розчинених речовин в початковому розчині. Перше, ймовірно, викликано зниженням частки води в граничних і робочих шарах мембрани. Друге, крім того, пояснюється зменшенням рухомою сили процесу (осмотичного тиску).

Отримані дані свідчать, що у випадку біоультрафільтраційного поділу селективність і питома продуктивність набагато вища. Таким чином, біоультрафільтраційне очищення має ряд наступних переваг:

- висока якість і продуктивність поділу;
- органічні речовини, які погано затримуються на мембранах і добре засвоюються мікроорганізмами в біофільтрі;
- здійснюється утилізація пенетрату мембранних установок, виникає можливість створення замкнутих технологічних схем очищення стічних вод від органічних речовин [22].

Технологія анодного окиснення з подальшою коагуляцією

Дана технологія відноситься до технології очищення стічних вод, що містять органічні, переважно білкові, забруднення, зокрема стічних вод картоплянокрохмальних виробництв. Після отримання крохмалю з картоплі в системі вод, що скидаються містяться клітинний сік і промивна вода, які піддають додатковій обробці. Вона полягає в тому, що промивні води змішують з рідким сходом клітинного соку, отриманим після анодного окиснення і відділення від нього коагулята, отриману суміш піддають анодному окисненню з подальшим відновленням рН рідкого сходу в суміші в катодній камері діафрагменного електролізера. Введення додаткової технологічної операції - анодного окиснення суміші рідкого сходу клітинного соку, отриманого після його анодного окиснення і відділення від нього коагулята, і промивної води з подальшим коректуванням рН рідкого сходу суміші в катодній камері діафрагменного електролізера дозволить отримати показники ХСК і БСК стічних вод, що відповідають нормам ГДК, і виключити бактеріальне забруднення перед її вторинним використанням і скиданням у систему каналізації або відкрита водойма. Одночасно описана технологія сприяє отриманню додаткового цінного білкового продукту, використовуваного в харчовій промисловості, а також призводить до знезараження води і виключає застосування хімреагентів [10].

Після переробки картоплі в якості відходів виробництва скидається рідина, що містить змішаний стік, який має в середньому БСК 1680 мг/дм³ і ХСК 3050 мг/дм³, має високий показник рН, а концентрація перевищує побутові стоки більш ніж в 15 разів [10].

Стічні води картоплянокрохмального виробництва складаються з сокової води (нерозбавлений клітинний сік), промивної води та транспор-мийної води, причому клітинний сік має найбільшу кількість органічних речовин 25000-50000 мг О₂/дм³ (при нормі 259 мг О₂/дм³) [1].

Виходячи з цього, в промисловості очищення СВ починають з обробки клітинного соку з метою виділення з нього органічних речовин, що позначається на поліпшенні складу СВ, а також забезпечується збір, збереження і використання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

в народному господарстві білкових компонентів, що знаходяться як в клітинному соку, так і, в меншій кількості, в промивній воді.

Відомо використання термічних і хімічних способів коагуляції білкових речовин.

В описаних технологіях озон, кисень, пероксид водню, що виділяється є екологічними і чистими окисниками, які не залишають істотної шкоди, але в відходах після обробки саме цими методами зустрічаються до 30% екологічно шкідливих речовин, які в змішаному виробничому стоці надходять у водойми, порушуючи екологічний баланс цих відкритих басейнів [19].

Найбільш близьким за істотними ознаками до заявленого об'єкту є спосіб електрохімічної обробки продуктів картоплянокрохмальних підприємств, що включає обробку картоплі транспортеро-мийною водою, подрібнення, виділення клітинного соку і промивної води після технологічної обробки подрібненої мезги картоплі. Потім промивну воду піддають обробці діоксидом сірки, а після повторного використання або скидання виділений клітинний сік піддають анодному окисненню із використанням білкового коагулянту, а потім катодного відновлення рН соку, отриманого після виділення білка. (Рис. 1.3.2)

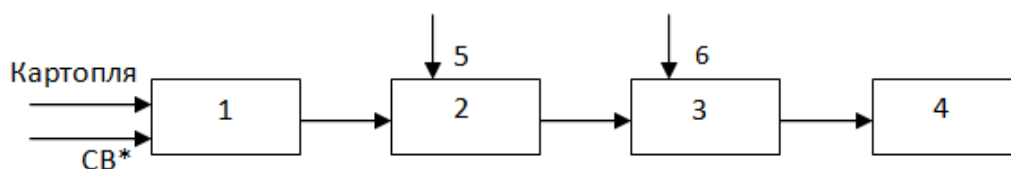


Рисунок 1.3.2 Технологія анодного окиснення з подальшою коагуляцією:
 1 – обробка картоплі транспортеро-мийною водою; 2 – виділення клітинного соку у фільтр-пресі і обробка промивної води; 3 – анодне окиснення;
 4 – катодне відновлення в катодній камері діафрагменного електролізера;
 5 – діоксид сірки; 6 – білковий коагулянт.
 СВ* - суміш клітинного соку і промивної води.

Недолік описаної технології очищення стічних вод картопляно-крохмального виробництва полягає в тому, що промивні води після відділення крохмального молока містять до 30% клітинного соку. Приблизно така ж

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

кількість залишків крохмалю залишається в рідких сходах після первинного анодного окислення. Таким чином, СВ, що скидаються в каналізацію або у відкриті водойми, містять ХСК від 500 до 3000 мг $O_2/дм^3$, що не відповідає нормам ГДК забруднюючих речовин [10].

Перехідні в розчинний стан вуглеводи і білки картоплі накопичуються в промивній воді і служать хорошим середовищем для розвитку шкідливої мікрофлори. Додавання діоксиду сірки в промивну воду пригнічує розвиток мікроорганізмів, але тоді в СВ надходить продукт взаємодії діоксиду сірки з водою триоксид сірки, який за певних умов може дати продукт сірчаної кислоти, згубний для живих організмів відкритого водоймища, а її властивості негативно впливають на скидний колектор [10].

Технологія анаеробно-аеробного очищення

Для більш концентрованих стоків 1 000-10 000 мг/дм³ за ХСК, які утворюються на сирзаводах з урахуванням сивороток, спиртзаводах, крохмалепаточних виробництвах, свинокомплексах з сучасною системою утримання тварин, біохімзаводах і ряді інших виробництв, необхідні більш складні схеми локального очищення із застосуванням анаеробних - аеробних технологій біологічного очищення. Схема очищення обов'язково повинна ув'язуватися зі схемою обробки стоків на міських спорудах, так як скидання недостатньо очищених стоків цієї категорії здатні чинити істотний негативний вплив на роботу міських споруд [23].

Залишкова важко окислювана органіка істотно підвищує вміст хлору в очищеній воді і знижує УФ-пропускання, що збільшує витрату хлору або гіпохлориту і істотно збільшує енерговитрати при переході на УФ-знезараження.

Аеробне очищення для концентрованих промислових стоків, як правило, не раціональне, так як вимагає істотних затрат енергії на подачу повітря. Найкращим методом для зниження концентрації органічних речовин в цьому випадку є анаеробна біологічна обробка

Однак подальше доочищення даної категорії стоків до концентрації органічних речовин, необхідної при скиданні у водойму, ускладнюється високим

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вмістом біонеокисного ХСК, яке може становити більше 1000 мг/дм³, і неповним видаленням сполук азоту, що і спостерігається на даних спорудах. Тому найкращим рішенням в таких ситуаціях є подальше спільне очищення і доочищення попередньо очищених концентрованих стоків спільно з господарсько-побутовими стоками на міських очисних спорудах з посиленням на них блоку доочистки [23].

При надходженні азоту на міські очисні споруди важливо, в якій формі відбувається скидання азоту. Азот нітратів (який утворюється при аеробній предочистці стоків АПК) в невеликих концентраціях видаляється за рахунок біологічних процесів вже в первинних відстійниках. Однак якщо концентрації азоту нітратів в стоці, що надходить на міські очисні споруди, стають вище 5 мг/дм³, процеси денітрифікації, що проходять в первинних відстійниках, можуть викликати спливання частини затриманого осаду внаслідок процесів автофлотації газоподібним азотом. Така ситуація в ряді випадків виникає на міських очисних спорудах при спільному ущільненні сирого осаду і активного мулу при глибокій нітрифікації в аеротенках. Виникнення автофлотації в первинних відстійниках вкрай не бажано, так як призводить до збільшення концентрації зважених речовин, що надходять на аеротенки, і істотно впливає на приріст мулу.

Азот, що міститься в формі органічного азоту у фракції зважених речовин, істотно (до 60%) видаляється з первинним осадом [23].

Розчинений органічний і амонійний азот можуть бути піддані видаленню методом нітри-денітрифікації. Вплив амонійного і розчиненого органічного азоту на міські споруди багато в чому залежить від їх конструкції. Для споруд, на яких застосовуються застарілі схеми біологічного очищення без нітри-денітрифікації, вплив розчиненого органічного і амонійного азоту найбільш критичний. В даному випадку різко зростають витрати повітря і концентрації азоту нітратів в очищеній воді. Для сучасних технологій очистки з біологічним видаленням азоту або азоту і фосфору вплив додаткового скидання амонійного і розчиненого органічного азоту може бути повністю усунуто з найменшими (60-63%) витратами кисню, ніж при повному окисненні без процесу денітрифікації. Однак для цього при проектуванні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

міських споруд слід передбачати варіанти управління співвідношенням зон нітри- і денітрифікації. Для попередньо очищених від органічних речовин стоків АПК з відносно низькою концентрацією по ГДК, як правило, характерні концентрації азоту амонійного до 100 мг/дм³. При цьому видалення розчиненого азоту методами фізико-хімічної очистки практично не можливо. Найкращим рішенням є впровадження сучасних технологій біологічного очищення з видаленням азоту на міських спорудах, з урахуванням додаткового навантаження по азоту від локально очищених стоків підприємств АПК [23].

Подальше скидання стічних вод визначається місцевими гідрологічними умовами, а також порівнянням варіантів будівництва власних споруд доочистки до норм скидання у водні об'єкти (при наявності технічної можливості) або подальшого скидання очищеної води в міську мережу.

У концентрованих стоках крохмалопаточних заводів (1000-5000 мг/ дм³ по ГДК) концентрація азоту може становити 500-3000 мг/дм³. На вищеописаних очисних спорудах, де концентрація азоту амонійного на вході сягає 1000 мг/дм³, при нітри-денітрифікації на локальних спорудах біологічної очистки вдається досягати якості очищеної води до 30 мг / дм³ по азоту амонійного і до 20 мг/дм³ по азоту нітратів [23].

Найбільш складно видаляти розчинені форми азоту, тому якщо частина загального азоту знаходиться у зваженій фракції, необхідно максимально видалити її разом з завислими речовинами. При великих концентраціях завислих речовин (1000-4000 мг/дм³) поділ фаз може проводитися на апаратах зневоднення осаду - стрічкових фільтр-пресах, центрифугах, сепараторах і т.п. При більш низьких концентраціях відділення зважених речовин може здійснюватися відстоюванням, напірної флотацією або їх поєднанням для досягнення максимального ефекту видалення [23].

Подальше видалення азоту методом нітри-денітрифікації пов'язано з істотним витратою енергії. Для денітрифікації на 1 мг азоту потрібно до 8 мг ХСК. Тому частина ХСК, необхідна для денітрифікації не повинна віддалятися анаеробними методами, і повинна віддалятися в спорудах традиційної біологічної

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

очистки з видаленням азоту [23]. Отже, в цих умовах знижується вироблення енергії в анаеробних очисних спорудах і збільшується споживання енергії в спорудах нітри- денітрифікації. Проте, метод очищення, що включає відділення твердої фракції, часткову анаеробну очистку з подальшою нітри-денітрифікацією (рис. 1.3.3), є основною технологією, яка застосовується в проектуванні очисних споруд для таких стоків.

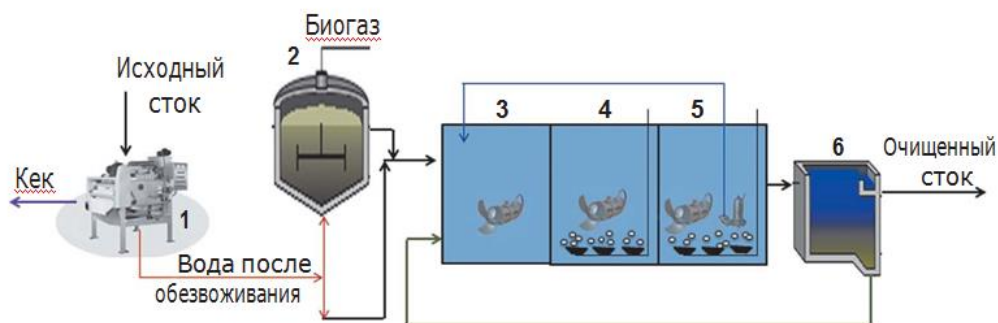


Рисунок 1.3.3 Схема очищення висококонцентрованих стоків з видаленням азоту[23]:

1. – стрічковий фільтр-прес; 2 – анаеробний біореактор; 3 – денітрифікатор;
- 4 – періодична нітри-денітрифікація; 5 – нітрифікація; 6 – вторинний відстійник [23]

Подальше очищення концентрованих стоків по азоту найбільш перспективна при їх скиданні на міські споруди, де технології очищення передбачають отримання низьких концентрацій, необхідних для скидання у водоймище.

Одним з перспективних напрямків при очищенні концентрованих промислових стоків є поєднання анаеробної технології з процесом анаеробного окиснення амонію. У цьому процесі окислені форми азоту є донорами електронів, а амонійний азот акцептором. Таким чином, процес нітри-денітрифікації з ефективністю більше 50% відбувається без додаткових органічних речовин. Якщо міські очисні споруди здатні приймати стік, очищений від азоту відповідно до ефективності, що досягається в процесі анаеробного окиснення амонію, то технологічна схема і витрати на процес можуть істотно знижуватися [23].

Для всіх видів стоків підприємств АПК схема з попередньо локальним очищенням і подальшим спільним доочищенням з міськими стоками є

оптимальною з найменшими фінансовими витратами і забезпечує більшу надійність захисту водойми.

Однак подальше доочищення даної категорії стоків до концентрації органічних речовин, необхідної при скиданні у водойму, ускладнюється високим вмістом біонеокисного ХСК, яке може становити більше 1000 мг/дм³, і неповним видаленням сполук азоту, що і спостерігається на даних спорудах. Тому найкращим рішенням в таких ситуаціях є подальше спільне очищення попередньо очищених концентрованих стоків спільно з господарсько-побутовими стоками на міських очисних спорудах [23].

Стічні води харчової промисловості мають органічні забруднення тваринного і рослинного походження - білки, жири, амінокислоти і неорганічні домішки, в складі яких сульфати, фосфати, нітрати і нітрити [1]. Такі стічні води не відстоюються, не піддаються фільтрації або швидко виводять фільтри з ладу [2].

Проаналізувавши технологію очищення за допомогою біофільтраційних установок, технологію анодного окиснення з подальшою коагуляцією, можна сказати, що такі технології існують, їх зараз використовують в очищенні стічних вод спиртових заводів, але доцільніше використовувати третю анаеробно-аеробну технологію для більш концентрованих стоків 1 000-10 000 мг/дм³ за ХСК, які утворюються на сирзаводах з урахуванням сивороток, спиртзаводах, крохмалепаточних виробництвах, яка включає в себе анаеробну біологічну обробку з подальшим спільним доочищенням з міськими стоками, опис якої наведений нижче.

В результаті очищення стічних вод крохмалепаточного заводу за даною технологією, залишкові середні показники забруднюючих речовин такі:

рН- 6,7

Завислі речовини – 150 мг/дм³

Загальний азот – 50 мг/ дм³

БСК₅ – 175 мг/ дм³

ПАР – 10,0 мг/ дм³

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ХСК – 390 мг/ дм³

БСК_{повн} – 300 мг/ дм³.

Згідно вимогам (Правил приймання стічних вод у мережу міської каналізації) до якості стічних вод (Таблиця 3), що скидаються до системи централізованого водовідведення, всі показники відповідають нормам [4].

Після попереднього очищення стічні води крохмалепаточного заводу доцільно направляти в міську каналізацію і очищати їх спільно із господарсько-побутовими стоками, тому що доочищення даної категорії стоків до концентрації органічних речовин, необхідної при скиданні у водойму, ускладнюється високим вмістом біонеокисного ХСК, яке може становити більше 1000 мг/дм³, і неповним видаленням сполук азоту, що і спостерігається на даних спорудах.

Таблиця 3. Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до системи централізованого водовідведення, для безпечного їх відведення та очищення

| № | Показники якості стічних вод | Одиниця виміру | Максимально допустиме значення показника |
|---|---------------------------------|--------------------|---|
| 1 | Реакція середовища (рН) | од. | 6,5-9,0 |
| 2 | БСК _{повн} | мг/дм ³ | Згідно з проектом КОС або не більше 350 |
| 3 | ХСК | мг/дм ³ | 500,0 |
| 4 | Завислі речовини | мг/дм ³ | 300,0 |
| 5 | Азот загальний | мг/дм ³ | 50,0 |
| 6 | ПАР | мг/дм ³ | 10,0 |

Для подальшої обробки осадів і надлишкового активного мулу обираємо анаеробне зброджування осадів в метантенках при термофільному режимі, що дає

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

можливість одночасно знезаражувати осад без застосування окремої камери дегельмінтизації, а також перешкоджати загниванню осаду [3].

1.4. Характеристика активного мулу

Біологічне очищення води — відноситься до поширених на практиці методах очищення стічних вод, в основі якого лежить процес біологічного окиснення органічних сполук та накопичення у живих організмах неорганічних сполук, що містяться в стічних водах. Біологічні методи очищення стічної води базуються на процесах життєдіяльності гетеротрофних та автотрофних організмів. Біоценоз організмів, що розвиваються в аеробних умовах на органічних забрудненнях, що містяться в стічній воді, отримав назву активного мулу [25].

Гетеротрофи для біосинтезу використовують вуглець з готових органічних речовин, вони переробляють їх для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи використовують вуглець неорганічного походження, а енергію утримують у результаті окислення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню. Під дією мікроорганізмів можуть протікати окислювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси [29].

Найбільша ефективність біологічного очищення вод забезпечується при:

- температурі в очисних спорудах 20—30 °С;
- рН середовища 5—9 (оптимальна 6,5—7,5);
- достатній концентрації основних елементів живлення бактерій — органічного вуглецю (БСК), азоту і фосфору з розрахунку БСК : N : P = 100: 5:1;
- кількості забруднення, що припадає на 1 м³ очисної споруди, на 1 г біомаси або на 1 г беззольної частини біомаси (100— 300 мг БСК_{повн} на 1 г беззольної речовини);
- постійній концентрації розчиненого кисню не нижче 2 мг/л;
- допустимій дозі токсичних речовин, яка могла б негативно вплинути на біологічні процеси [26].

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЕКБ.БЕ5122.ДП

Арк.

Для біологічного очищення найбільш поширеними є три групи очисних споруд, які відрізняються за видом розміщення в них активної біомаси:

- стічна вода рухаються, а біомаса закріплена нерухомо;
- у стічній воді біомаса знаходиться у вільному стані;
- попередні два варіанти поєднані [25].

В різних типах очисних споруд утворюються неоднакові фізико-хімічні умови, як наслідок, в них розвиваються різні групи організмів.

Крім фізіологічних груп у бактеріальному складі активного мулу розрізняють екологічні групи, кожна з яких об'єднує мікроорганізми, що існують у певному температурному діапазоні і при певних концентраціях розчиненого кисню.

В активному мулі розвиваються мікроорганізми трьох температурних груп:

- психрофільні (домінують);
- мезофільні (домінують);
- термофільні.

За умови достатньої концентрації кисню в активному мулі переважають аероби, однак поряд з ними поширені й факультативні анаероби. В активному мулі виявляються облігатні анаероби, які можуть існувати в мікронах , де відсутній кисень або його мала кількість. Мікронах можуть виникати всередині пластівців активного мулу, коли їх густина та розмір збільшуються. Зміна температурного і кисневого режимів в аеротенку призводить до зміни співвідношень між організмами різних екологічних груп [26].

Біомаса аеротенка складається із двох основних частин: редуцентів , частка яких складає приблизно 95%, це переважно флокульовані та одиночні бактерії. Оскільки приріст їх біомаси завжди більший, ніж приріст біомаси консументів, основною продукцією такого біоценозу буде бактеріальна складова. Біомаса найпростіших - консументів, не перевищує 5%, отже їх внесок у процеси регуляції приросту продуцентів та мінералізації нерозчинених органічних сполук виявляється незначним [28].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Найбільш численними в активному мулі є найпростіші (Protozoa). Protozoa, що зустрічаються в активному мулі, розділяються на наступні групи: Rhizopoda, Flagellata, Ciliata, Suctoria. Амеби та раковинні корененіжки, Rhizopoda, характеризуються м'якою мінливою формою тіла з псевдоподіями, тіло оголене чи в будиночку. Найбільш розповсюджений в активному мулі клас війкових інфузорій (Cilata) [29]. Інфузорії мають дуже складну будову і постійну форму тіла, рухаються за допомогою війок. Cilata, що зустрічаються в активному мулі, поділяються на три роди: Holotricha - рівновійкові, усе тіло покрите війками; Spirotricha - спіральновійкові, на тілі війки розташовані нерівномірно, існує біля ротової спіраль війок. Peritricha - круговійкові, також мають біля ротової спіраль, але на тілі війок немає, прикріплені до субстрату за допомогою стеблинки. Інакше їх називають — прикріплені інфузорії — на відміну від інших вільно плаваючих. Рід рівновійкових поділяється на три підроди: Gymnostomata, Trichostomata, Hymenostomata, що відрізняються між собою будовою ротового апарату і, відповідно, способом прийняття їжі. Gymnostomata мають ротовий отвір, простий чи перехідний в глотку. Багато хто з них — хижаки. Trichostomata мають передротове поле і глотку, покриті війками. Hymenostomata відрізняється наявністю на краю ротової порожнини так званих ундулюючих мембран. Серед спіральновійкових в активному мулі найбільш розвинена група Hupotricha — брюховійкових. Характерною їхньою ознакою є розташовані на черевній стороні великі грубі вії (циррії) для пересування по субстрату [28].

Круговійкові Peritricha — самі типові представники організмів активного мулу. До них відносяться Vorticella, Epistylis, Opercularia, Carchesium, що зустрічаються поодинокі та групами. Зазвичай вони прикріплені стеблинками до часток мулу, але при нестачі кисню відриваються, утворюючи на задньому кінці друге кільце вій, ця форма називається тілотрох. За способом харчування — ектопаразити. [28].

Джгутикові, Flagellata чи Mastigophora, розділяються на безбарвних і зафарбованих. Джгутикові з зеленим пофарбуванням відносяться до рослинних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

форм. Джгутикові мають тонку плазматичну оболонку, досить мінливу форму тіла з одним чи декількома джгутиками. Розмір джгутикових, зазвичай, не перевищує 40-50 мкм, зустрічаються як одиночні, так і колоніальні форми. З безбарвних джгутикових найчастіше зустрічаються представники роду *Oicomonas*, які мають один плавальний джгутик, а також роду *Vodo*, які мають два джгутики, один з яких плавальний, а другий - рульовий. Рульовий джгутик спрямований назад [29].

В активному мулі аеротенків також присутні бактерії. Домінуючими в активному мулі вважаються бактерії *Zoogloea ramigera*. Вони відносяться до грамнегативних неспорівих паличкоподібних монотрихів, які здатні мінералізувати органічні сполуки з утворенням пластівців на рідкому поживному середовищі. Це здатність до пластівцеутворення має важливе значення, оскільки саме це явище обумовлює осадження активного мулу та відділення його від очищеної води.

Окрім *Z. ramigera* властивість засвоювати органічні сполуки в стічних водах та утворювати пластівці мають також і інші бактерії, а саме: представники родів *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Escherichia* та інші [28].

Ще одним представником мікроорганізмів виявленим в активному мулі є нітрифікуючі бактерії роду *Mitrosocystis*, а також *Nitrosomonas* sp., що дуже активно розвиваються в мулі після видалення легкозасвоюваних органічних забруднювачів.

Ще одними представниками організмів активного мулу, які були визначені, були дріжджі та дріжджоподібні гриби, серед яких домінуючими є *Trichosporon cutaneum*, *Rhodotorula glutinis*, *R. mucilaginosa*, *Candida parapsilosis*, *C. tropicalis*. Джерелами надходження в стічну воду цих організмів можна вважати повітря, ґрунти та побутові стоки [29].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖЕННЯ ОСАДІВ

2.1. Характеристика метаногенів

Метаногени — відносяться до строгих анаеробів. Можливість виділяти та пересівати ці бактерії з'явилась тільки після розробки методу Хангейта. Більшість відомих метаногенів здатні використовувати H_2 як донор водню, а деякі з них — також метанол, ацетат, форміат, або метиламін. В анаеробних умовах ацетат є основним субстратом для утворення метану [32].

За морфологією метаноутворювальні бактерії можна поділити на 4 групи: паличкоподібні (*Methanobacterium*), кокоподібні (*Methanococcus*), сарциноподібні (*Methanetbarcina*), спірилоподібні (*Methanospirillum*).

Метаногени відрізняються від інших бактерій не тільки за складом клітинних структур, а й за типом метаболізму. В них не має типового пептидогліканового скелету, тому пеніцилін не пригнічує їх ріст. Метаногени відносять до окремого царства архебактерій [32].

Ця трофічна група діляться на 2 групи на основі специфічних субстратів, використовуваних для синтезу метану:

- підгрупа А – хемолітотрофні бактерії, які перетворюють CO_2 і H_2 в метан, використовуючи як джерело електронів водень;
- підгрупа В – ацетотрофні бактерії, які перетворюють мурашину , оцтову кислоту, метанол і метиламіни в метан [32].

Кількісний вміст: в 1 мл мезофільного сирого мулу - $10^6 \dots 10^8$ клітин.

Метаногени є останньою ланкою анаеробного харчового ланцюга (рис. 2.1.1.).

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|--|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖЕННЯ ОСАДІВ | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | | |

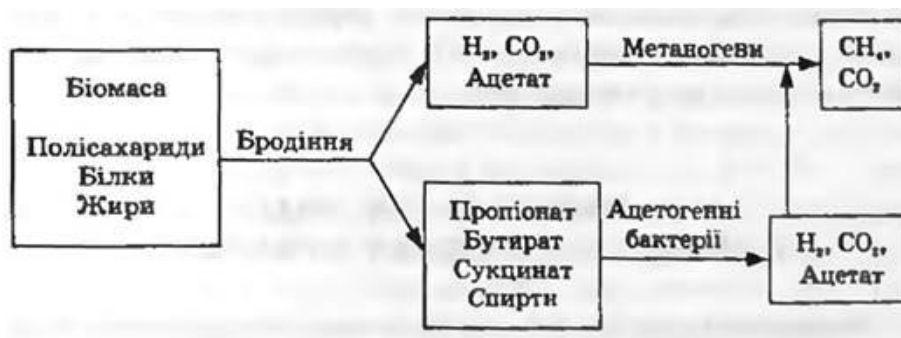


Рисунок 2.1.1 Анаеробний харчовий ланцюг [32]

Завдяки дії ферментів і коферментів, що виробляються метаноутворюючими бактеріями, завершується цикл бродіння, внаслідок чого утворюється CH_4 і CO_2 , що входять до складу біогазу. Вони мають особливий апарат синтезу білку і склад клітинних стінок, що дозволяє їм отримувати енергію і засвоювати вуглекислоту [26].

Існує залежність між інтенсивністю газовиділення і від умов, створених для життєдіяльності метаноутворюючих бактерій. Низька кислотність середовища інгібує ріст метаногенів, як наслідок зменшується корисний вихід біогазу. Кількість метану, що міститься у біогазі, залежить від складу органічних речовин, що переробляються. Якщо в їх складі містяться жири і протеїни, то в результаті вийде біогаз з високим вмістом метану. Але якщо біомаса складається з рослинних компонентів з великим вмістом вуглеводів, то вміст метану буде не високим [26].

Оскільки вони не здатні виділяти тепло, але можуть існувати лише в теплі для підвищення ефективності їх роботи потрібно підігрівання. Залежно від необхідної для їх життєдіяльності температури метаногени бувають:

- психрофільними — живуть при температурі від $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- мезофільні — живуть при температурі від $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- термофільними – живуть при температурі від $+54\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+56\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Метаногенні бактерії не виносять різких перепадів температури [32].

Ареал існування у кислотоутворюючих і метаноутворюючих бактерій досить широкий : вони можуть існувати у воді, в рослинах, екскрементах тварин. Велику кількість цих мікроорганізмів можна зустріти на заболочених територіях ,

де недостатньо кисню і багато органічних сполук [32].

2.2. Схема перебігу процесу анаеробного зброджування в метантенку

Найінтенсивніше дослідження процесу метанового зброджування гнойової біомаси проводилося за кордоном наприкінці 80-х на початку 90-х років, що було пов'язано з виникненням світової енергетичної кризи і пошуком альтернативних джерел енергії [26].

Метанове бродіння застосовують для :

- очищення концентрованих стічних вод, у тому числі підприємств харчової промисловості;
- утилізації відходів (гній тваринницьких ферм, рослинні відходи, надлишковий аеробний активний мул);
- отримання біогазу, що використовується як альтернативне джерело енергії;
- отримання добрива або добавки до корму, що характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин, у тому числі вітаміну B₁₂ [26].

Метанове бродіння відбувається за різних температур. Виділяють психрофільне (<20 °C), мезофільне (20-40 °C) і термофільне (45-65°C) бродіння.

Анаеробне метанове зброджування можна поділити на чотири взаємопов'язані стадії:

I – стадія ферментативного гідролізу за участі мікроорганізмів гетеротрофів (р. Bacillus, р. Micrococcus, р. Pseudomonas) складних нерозчинних органічних речовин з утворенням більш простих розчинних органічних речовин за відсутності кисню. Процес відбувається повільно, середовище слабо кисле.

II – ацидогенна стадія (кислотоутворення) за участі кислотоутворюючих бактерій деструкція органічних сполук після I стадії, з виділенням коротко ланцюжкових летючих жирних кислот (мурашина, пропіонова), амінокислот, спиртів, а також водню й вуглекислого газу (кислотогенна стадія). В порівнянні із загальною тривалістю етап короткий, триває 7-8 годин;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

III – оцтовогенна стадія перетворення летких жирних кислот, амінокислот і спиртів в оцтову кислоту, яка дисоціює на аніон ацетату й катіон водню.

IV – метаногенна стадія – найдовша стадія. Утворення метану відбувається у 2 шляхи: з оцтової кислоти, а також в результаті реакції відновлення вуглекислого газу воднем.

Гідролітичну стадію забезпечують факультативні (переважають) та obligatні анаероби, які мають оптимум рН 6,5-7,6. Швидкість гідролізу залежить від умов його проведення і природи органічних речовин : необхідно забезпечити достатню концентрацію ферментів, підтримувати належні температури й значення рН [26].

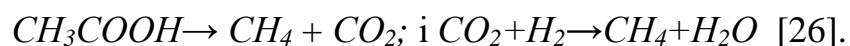
Утворення енергії відбувається у ацидогенній фазі, яка здійснюється деякими лактобацилами, стрептококами і тією ж групою мікроорганізмів, яка приймає участь у гідролітичній фазі. Зазвичай ці дві фази розглядають разом, оскільки вони енергетично пов'язані.

При ацидогенній стадії приблизно 20 % органічних речовин вихідного осаду перетворюються в оцтову кислоту, 15 % - у пропіонову, а 65 % - в інші проміжні сполуки. Дана стадія не лімітує наступні стадії зброджування, оскільки бактерії, що здійснюють її, невибагливі й ростуть із великою швидкістю. Але швидкі стадії гідролізу й кислотоутворення , загальна тривалість яких складає біля 7 год, можуть призвести до накопичення летючих кислот і зниження рН, що часто є причиною пригнічення росту бактерій, які здійснюють наступні стадії процесу [25].

В ацетогенній стадії приймають участь дві групи ацетогенних бактерій. Перша група утворює ацетат з виділенням водню з розчинних продуктів попередньої стадії кислото утворення, друга утворює оцтову кислоту шляхом використання водню для відновлення CO₂.

На IV, метаногенній стадії, метанові бактерії утворюють метан двома шляхами - шляхом розщеплення оцтової кислоти а також шляхом відновлення вуглекислоти воднем (група бактерій 4):

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Деякі продукти фази бродіння, минуючи ацетогенну фазу, безпосередньо трансформуються в метан. Попередниками метану при цьому являються CO_2 , CO , H_2 , метиламін, метанол, ацетат, форміат. Цей процес здійснюють представники таких родів: *Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*, *Thermoanaerobium*, *Desulfovibrio* лише при умовах низького парціального тиску H_2 [25].

Існує ще один проміжний етап, при якому ацетат утворюється з H_2 і CO_2 . Це відбувається у тому випадку, коли в екосистемі є велика кількість H_2 і CO_2 .

Цей процес, як і розглянутий вище, називається ацетогенезом.

Таким чином, ацетогенез – це процес, при якому утворення ацетату супроводжується отриманням мікроорганізмами енергії. Мікроорганізми, які здійснюють ацетогенну фазу, представлені наступними видами: *Clostridium thermoaceticum*, *Acetobacterium woodi*, *Acetogenium kivui*, *Butyribacterium methylotrophicum*, *Sporomusa ovata* та інші [25].

Біохімічні процеси метанової ферментації відбуваються в бактеріальній біомасі. Це симбіотичне угруповання функціонує як саморегульована система, що підтримує значення рН, окисно-відновний потенціал і термодинамічну рівновагу оптимальним для росту чином. Ці бактерії поділяють на три великі групи:

1. Гідролітичні бактерії, які зазвичай називають ацидогенними, тому що вони забезпечують початковий гідроліз субстрату до низькомолекулярних органічних кислот та інших малих молекул [25].

Представники цієї групи можуть бути як облігатними, так і факультативними анаеробами, а їх кількість коливається між $10^5 - 10^6$ до $10^8 - 10^9$ клітин на 1 см^3 мулу [25]. До організмів цієї групи належать: протеолітичні *Eubacterium*, целюлолітичні *Clostridium*, *Acetobacterium*, облігатні анаероби *Bacteroides* і *Bifidobacteria*, факультативні анаероби *Enterobacteriaceae*.

2. Гетероацетогенні бактерії продукують оцтову кислоту і водень дегідрогенізацією органічних кислот з довшим, ніж у оцтової кислоти ланцюгом [26]. Кількість цих мікроорганізмів досягає $4,2 \cdot 10^6$ клітин в 1

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

см³ мулу. До них належать *Synthrobacter wolinii*, *Synthrophomonas wolfii* [26].

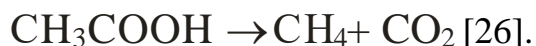
3. Метаногенні бактерії, які продукують метан. Поділяються на дві підгрупи:

а) хемолітотрофні бактерії, які перетворюють водень і карбон діоксид у метан, використовуючи газоподібний водень як донор електронів:



У результаті цієї реакції відбувається також перетворення однієї молекули АДФ в АТФ, відповідно, реакція термодинамічно вигідна.

б) бактерії, що переробляють оцтову і мурашину кислоти, метанол, метиламін у метан. Рівняння перетворення оцтової кислоти має вигляд:



Ця реакція дає лише 0,25 моль АТФ, тому є термодинамічно відносно не вигідною. Кількість цих мікроорганізмів досягає 10⁶ – 10⁸ клітин в 1 см³ мулу. До них належать *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanococcus*, *Methanosarcina*, *Methanotherix* [25].

Роль різних груп мікроорганізмів у процесі метанового бродіння представлена на схемі 2.2.1:

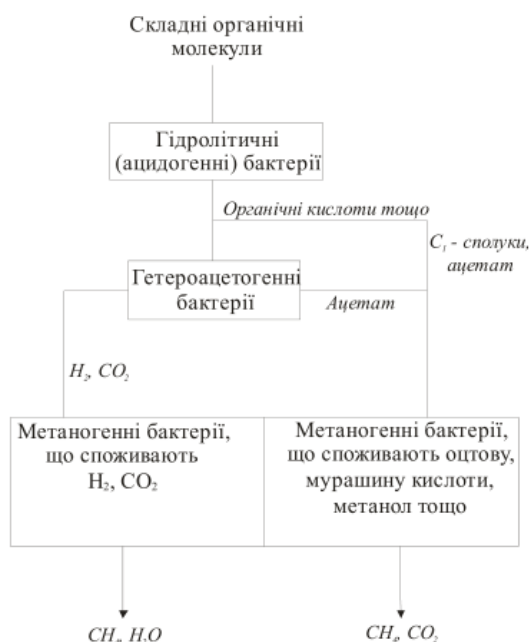


Схема 2.2.1. Вплив різних груп мікроорганізмів на процес метаногенезу [24]

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста і крохмалепаточного заводу

Для очищення стічних вод використовуються методи: механічного, біологічного, фізико-хімічного очищення, а також знезараження та доочищення.

Механічний метод полягає в тому, що із стічних вод шляхом відстоювання і фільтрації видаляються механічні домішки. Грубодисперсні частинки залежно від розмірів уловлюються решітками, пісковловлювачами, ситами, септиками, а поверхневі забруднення – нафтопастками, бензо- та масловловлювачами, відстійниками та ін. Механічне очищення дозволяє видаляти з побутових стічних вод до 75% нерозчинних домішок, а з промислових до 95% [6].

Суть хімічного методу полягає в тому, що стічні води піддаються обробці хімічними реагентами, які вступають в реакцію із забруднювачами й перетворюють їх на осад, які не розчиняються. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95% і розчинних до 25%.

При фізико-хімічному методі обробки із стічних вод видаляються розчинені неорганічні домішки та тонкодисперсні, при цьому руйнуються органічні речовини і речовини, які погано окислюються. Найчастіше використовуються: сорбція, екстракція, коагуляція, окислення та ін.

Для видалення бактеріального забруднення стічних вод застосовують їх знезараження (дезінфекцію) [7].

Найбільш повне очищення стічних вод, що містять органічні речовини в розчиненому вигляді, досягається біологічним методом, який базується на використанні закономірностей біохімічного та фізико-хімічного механізмів самоочищення річок та інших водоймищ [6].

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|----------------------|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | | |

Згідно із розрахунками, на вході в споруди стічна вода має такі показники забруднень (мг/дм³): завислі речовини – 220, БСК_{повн} – 255, а розрахункова витрата стічних вод міста і крохмалепаточного заводу, що подається на міську очисну станцію складає 90000 м³/добу.

Для забезпечення належного ступеня очищення стічних вод приймається технологія із використанням механічних, біологічних та фізичних методів, як споруду для біологічного очищення використовується аеротенк-витиснювач.

При надходженні на станцію водоочистки стічні води міста і попередньо очищені стічні води крохмалепаточного заводу надходять у приймальну камеру очисної станції, в якій вони змішуються [13].

Попередня механічна очистка стічних вод реалізується за рахунок встановлення решіток-дробарок, пісковловлювачів, первинних відстійників. В процесі відстоювання стічних вод відбувається їх освітлення шляхом гравітаційного осадження нерозчинних домішок, що мають густину, більшу ніж густина води, і спливання нерозчинних домішок з густиною меншою, ніж густина води (жири, масла, нафтопродукти). На решітках затримуються і з них видаляються великі частинки (шматки поліетилену, папір, інші великі шматки з різних матеріалів, що можуть міститись у побутових стічних водах). Ці відходи мають бути подрібнені та відвезені на сміттєспалювальний завод або захоронені на спеціально обладнаних полігонах [7].

Пісок та інші важкі мінеральні домішки затримуються у пісковловлювачах при короткочасному відстоюванні стічних вод. Пісок, що залишається на них видаляється і спрямовується на спеціально обладнані піскові майданчики. Ці майданчики обладнані дренажною системою для відведення води. Дренажна вода повертається на очистку на початок очисного ланцюга (на решітки) [8].

Основна маса завислих речовин затримується у первинних відстійниках. Первинні відстійники обладнуються спеціальними пристроями для збирання і видалення спливаючих домішок. Сирий осад подається на подальше ущільнення у мулоущільнювач.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Обираємо споруду для біологічного очищення, виходячи з наступних міркувань: добове навантаження на споруду по суміші побутових і виробничих (попередньо очищених) стічних вод складає $Q_{сер.доб} = 90000 \frac{м^3}{добу}$, і $БСК_{повне}$ цієї суміші $C_{БСК} = 255 \frac{мгO_2}{л}$.

Доцільно встановити аеротенк, бо:

- аеротенк дозволяє провести очистку у менші терміни (крім того, за літературними джерелами аеротенки є оптимальним вибором за умови, що добове навантаження складає $90000 м^3$ за добу [9];
- аеротенк не потребує додаткового обігріву.

Тому для біологічної очистки обираємо аеротенк-витиснювач.

З нього СВ і активний мул потрапляють на вторинний відстійник, де осідає винесений активний мул, надлишковий активний мул і частково зв'язані з ними органічні речовини, що не встигли розкластися.

Освітлена фракція все ще може містити патогени, тому вона має пройти знезараження. Вона може проводитись двома шляхами – термічно і хімічно. Обираємо хімічний спосіб знезараження стічної води хлоруванням. Етап хлорування включає три споруди:

1. Хлораторна – тут отримується безпосередньо хлор і хлорна вода, якою буде проводитись знезараження;
2. Змішувач стічної води з хлорною водою;
3. Контактний резервуар (власне камера знезараження) [11].

З вторинного відстійника відходить не лише вода на скид, а й суміш надлишкового і винесеного активного мулу. Частина з цієї суміші подається на регенератор і рециркулюється, тобто подається до аеротенку. Решта мулу містить багато органіки і патогенів, зокрема гельмінтів. Тому він має бути стабілізований.

Крім відходів, що затримуються на решітках, і осаду з піскоуловлювачів, при освітленні стічних вод у первинних відстійниках

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

міських очисних споруд утворюється сирий осад з вологістю 95% із вторинних відстійників, які повинні піддаватись обробці та знешкодженню.

Зважаючи на продуктивність очисної станції, для обробки осаду використовується метантенк – резервуар для анаеробної переробки осаду. Інтенсифікація розкладання органічної частини досягається тут штучним підігрівом при термофільному режимі і перемішуванням осаду. У метантенку розкладається від 40 до 60% органічної речовини; значна частина її переходить у газ (70% метану, 30% діоксиду вуглецю). Газ, що утворюється у процесі зброджування надходить до газгольдерів.

Подальша обробка осадів після стабілізації передбачає промивку та зневоднення. Зневоднення важко провести за один раз, тому воно буде поступовим. Спочатку надлишковий активний мул надходить на мулоущільнювач, де він під дією сил гравітації дещо ущільнюється, а вивільнена мулова вода повертається до аеротенку. Після ущільнення мул перекачується до камери коагуляції, де в якості коагулянту використовуються солі з. Остаточне зневоднення осаду доцільно провести на вакуум-фільтрах. Кек можна відвезти на полігон для зберігання, де він буде поступово розкладатись. Враховуючи все вище вказане приймаємо наступну схему (рис. 3.1):

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Отже, для очищення суміші побутових і виробничих стічних вод приймаємо:

1. Механічна очистка СВ:

- Решітки з механічним очищенням;
- Пісковловлювачі;
- Первинні відстійники;

2. Біологічна очистка стічних вод:

- Аеротенк;
- Вторинний відстійник.

3. Знезараження:

- Змішувач води з хлором;
- Контактний резервуар;

4. Обробка осадів:

- метантенк

Окрім цього будуть використовуватись споруди для обробки осаду:

1. Ущільнювачі.
2. Камера промивки .
3. Камера коагуляції.
4. Вакуум-фільтри.
5. Аварійні мулові майданчики.
6. Майданчики для складування осаду.

Для видалення та утилізації піщаної пульпи:

7. Піскові майданчики.

Для утилізації відходів:

8. Сушарка.
9. Піч для спалювання відходів.

Для подачі повітря в аеротенк:

10. Повітродувна станція.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.2. Опис технологічного процесу біологічного очищення стічних вод

У даній технології піддається очищенню суміш стічних вод міста та комбінату об'ємом 90000 м³/добу.

ДР1. Підготовка повітря. При подачі повітря в реактори необхідно забезпечити виконання трьох основних операцій: стиснення повітря для подолання опору повітропроводів та арматури; видалення пилу та інших завислих у повітрі частинок; регулювання температури та вологості.

ДР1.1 Забір повітря з атмосфери. Здійснюється шляхом забору повітря з атмосфери виносними трубами з точкою забору 4-6 м вище рівня землі.

ДР1.2 Фільтрування повітря. Повітря очищується крізь волокнистий фільтр, що механічні частинки, затримує пил. Фільтрувальним матеріальним матеріалом є тканина Петрянова (ФПП-15-3,0) з максимальним діаметром частинок, що затримує 1,5 мкм, максимальною допустимою температурою 60°C й ефективністю очищення 98%. Контроль ефективності очищення.

ДР1.3 Компресування повітря. Для компресування повітря застосовують повітродувки з продуктивністю від 5 до 190 м³/хв зі стисненням повітря до 2,5 кПа. На даній стадії щоденно здійснюється контроль тиску, використовуючи технічний манометр.

ДР2 Приготування хлорної води. Для обробки суміші побутових і помислових стічних вод використовують хлорну воду, яку готують за такою методикою: хлор поставляється на очисні станції в балонах чи контейнерах, у яких він знаходиться під надлишковим тиском переважно у рідкому стані. Внаслідок малої розчинності рідкого хлору у воді, його спочатку переводять у газоподібний стан після чого проводять розчинення. Хлор-газ із балонів чи бочок надходить у проміжний балон, в якому осаджуються краплинами рідини, пил тощо. Через запірний вентиль далі потрапляє у фільтр, де повністю очищається від неосілого пилу. Очищений хлор проходить через редукційний клапан, який слугує для підтримання постійного тиску (0,01-0,02

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

МПа) перед вимірювачем витрати. Відповідно до ДБН В.2.5-75 розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних вод становить 3 г/м³. На даній стадії здійснюється технологічний контроль концентрації розчиненого газу хлору у водному розчині.

ДР3. Підготовка розчину коагулянту та флокулянту . Для обробки ущільненого осаду застосовують як коагулянт сульфат алюмінію (III) у концентрації 60 мг/л. Для інтенсифікації процесу коагуляції у воду додатково вводять флокулянти (найбільш поширений поліакриламід). Флокулянти сприяють укрупненню осаду і прискорюють процес злипання колоїдних і зважених часток. Вносять поліакриламід у концентрації 1,5 мг/л. Здійснюється технологічний і хімічний контроль за якістю і концентрацією розчинів.

ДР4. Підготовка пари на технічні потреби. Для сушіння подрібнених відходів використовують пару, для отримання якої передбачені котельні.

ТП5. Стадія механічної очистки стічної води

ТП.5.1 Очищення на решітках з механічним очищенням. Очисні решітки призначені для вилучення зі стічних вод крупного сміття: часток паперу, кісток, ганчірок, гілля, каміння, залишків овочів і фруктів, пластмасової тари та ін. Використовується решітка з механічним очищенням, оскільки в подальшому передбачена утилізація відходів на станції. Періодично проводиться технічний контроль. Швидкість потоку рідини у апараті становить до 0,9 - 1,0 м/с. Передбачається встановлення типових решіток з механічним очищенням типу РМУ-1. Відходи скидаються у відкидний лоток. Граблі механічної решітки РМУ-1 приводяться у рух електродвигуном потужністю N=0,37 кВт при частоті обертів n=1450. Кількість прозорів в решітці - 13, розмір прозорів 16 мм. Пропускна здатність - до 45000 м³/добу. Передбачається встановлення трьох агрегатів, з яких два будуть працювати постійно. На даному етапі здійснюється технологічний контроль пропускної здатності ґраток, що свідчитиме про ступінь засміченості ґраток крупними домішками. Пропускна здатність має становити не менше 60% від

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

максимальної.

ТП5.2 Очищення на пісковловлювачах. Враховуючи продуктивність очисної споруди використовуються 5 горизонтальних пісколовок з розмірами кожної 20х5х1,9 м (робочий рівень води 1,2 - 1,4 м) Оптимальна швидкість руху води в горизонтальних пісковловлювачах $V = 0,15-0,3$ м/с, гідравлічна крупність затриманого піску $U_0 = 20 - 24$ мм/с. На виході з пісколовок кожна секція обладнана щитовим затвором 1600х1200 мм. Для видалення піску секції пісколовок обладнані скребковим механізмом, за допомогою якого пісок згрібається з днища та підводиться до бункера, що розташований на початку секцій. Видалення піску із бункера здійснюється періодично (двічі на добу) гідроелеватором. Піскова пульпа видалиться на піскові майданчики по одній з двох ліній пісководу. Піщані майданчики являють собою дренавані ділянки, огорожені валиками висотою 1-2 м. Вони розташовуються близько до пісколовок. Дренажна вода з піщаних майданчиків перекачується насосами в «голову» очисної споруди (на решітки).

ТП5.3 Відстоювання в первинних відстійниках. Стічні води після решіток і пісковловлювачів містять значну кількість завислих речовин. Для запобігання підвищення приросту активного мулу в аеротенках концентрація завислих речовин не повинна перевищувати 150 мг/дм³. У даній технологічній схемі застосовуються 4 радіальних відстійника діаметром 24 м, що знижують концентрацію завислих речовин до 136,4 мг/л. Для видалення осаду, що осідає на дні, відстійник обладнано мулошкребами, які при обертанні ферми загрибають осад до приймку, звідки він періодично поступає на ТП9.1 для обробки. Здійснюється технологічний контроль мутності стічної води нефелометрично, що свідчитиме про концентрацію завислих речовин.

ТП 6. Стадія біологічної очистки стічної води.

ТП 6.1 Очищення суміші стічних вод в аеротенку. З ТП 5 вода поступає на очищення в аеротенк. Аеротенк являє собою довгий залізобетонний резервуар глибиною 4,4 м, довжиною – 61 м. Тут окиснення органічних речовин відбувається у водному середовищі за участю активного мулу,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

заселеного великою кількістю мікроорганізмів-мінералізаторів. Вони відіграють головну роль в окисненні органічних речовин. Аеротенки працюють із 50 % регенерацією. Регенерація потрібна бо значення БСК_{повн} перевищує значення 150. Циркуляційний активний мул подається на початок першого коридору. До аеротенків подається повітря, підготовлене на стадії ДР 1, для підтримування мулової суміші у завислому стані та забезпечення киснем процесу окислення органічної частини забруднень. Прийнята дрібнопухирцева пневматична система аерації з використанням керамічних фільтросних пластин. Повітря у фільтросні канали подається по системі повітропроводів, що укладені на перехідних майданчиках аеротенків і в кожний канал надходить в двох точках по довжині труб. Тривалість очищення упродовж 10 год. На цій стадії контролюється інтенсивність аерації, рН стічної води і температура двічі на добу.

ТП 7. Вторинне відстоювання. З ТП 6.1 вода із надлишковим активним мулом потрапляє до розподільчого каналу вторинних відстійників, а потім на розподільчу чашу кожної групи відстійників і через водозлив з широким порогом – до самих відстійників. Очищена вода рівномірно переливається через водозлив і по відвідному кільцевому лотку надходить у переливну кишеню та по трубопроводу у відвідний канал. Проводиться протягом 1,5 годин. Проводиться технічний контроль концентрації завислих речовин. Надлишковий активний мул, що накопичується у вторинному відстійнику вилучається й направляється на стадію ПВ 9.

ТП 8. Знезараження очищеної стічної води хлоруванням. Знезаражування води проводиться шляхом обробки побутових стічних вод хлорною водою. Знезаражуюча дія хлору полягає у тому, що при розчиненні в воді він утворює хлористоводневу кислоту і гіпохлоритну. Остання в свою чергу здатна містити атом кисню, який легко віддає у вигляді бірадикалу, через що він надзвичайно активний. Період процесу знезараження 1,5 години, при концентрації хлору у стічній воді 1,5 г/м³. При цьому контролюються всі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

показники за нормами спуску вод у природні водойми с $Cl_{зал} < 1,5 \text{ мг/дм}^3$, приріст концентрації завислих речовин у воді річки δ с $ЗР < 0,75 \text{ мг/дм}^3$, рН 6,5 - 8,5, $БСК_{повн} < 6 \text{ мг/дм}^3$.

ПВ 9. Стадія обробки надлишкового активного мулу.

ПВ 9.1. Ущільнення надлишкового активного мулу. Для відділення мулової води стабілізованого мулу передбачена стадія ущільнення. Для цього передбачено, що мулоущільнювач має зону ущільнення розміром 3,0x9,0м. Мул під своєю вагою осідає на дно видаляється муловідсмоктувачем на подальшу обробку. Час ущільнення складає 4 години.

ПВ 9.2. Анаеробне зброджування осадів. Анаеробне зброджування осадів призначена для обробки надлишкового активного мулу який надходить з аеротенків стадії ТП7 та ТП5.3. Біохімічному розпаду піддається біля 60% беззольної речовини активного мулу. За необхідними розрахунками біло прийнято 2 метантенки, з такими характеристиками: корисний об'єм – 2500 м^3 ; діаметр — 17,5 м; висота верхнього конуса — 2,5 м; висота циліндричної частини — 8,5 м; висота нижнього конуса — 3,05 м; стабілізація протягом 10-15 діб, при температурі $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

ПВ 9.3. Промивка осаду. Відбувається в камері промивки осаду протягом 30 хв.

ПВ 9.4. Ущільнення зброженого осаду. Здійснюється ущільнення осаду протягом 4 годин. Мулова вода поступає «у голову» споруд на ТП5.1.

ПВ 9.5. Коагуляція ущільненого осаду. Для зміни структури та покращення водовіддаючих властивостей осад обробляються розчином коагулянту. Обробка мінеральним коагулянтом забезпечує агрегацію тонкодисперсних та колоїдних частинок осаду, супроводжується руйнуванням гідратних оболонок, а також зміною форм зв'язку вологи з частинками осаду. Це зменшує питомий опір осадів фільтрації до значень, при яких забезпечується стабільна робота зневоднюючого обладнання. Передбачена обробка сульфатом алюмінію, що є найбільш ефективним коагулянтом. При його застосуванні рН має становити 6,5-8, за

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

температури 20-25 °С. Також для покращення утворення агрегатів додається розчин поліакриламід. Реагенти подаються від ДР 3.

ПВ 9.6. Зневоднення осаду на вакуум-фільтрі. Далі надлишковий активний мул поступає на вакуум-фільтри для зневоднення. Робочий цикл вакуум-фільтру включає наступні операції: фільтрування, зневоднення (підсушування), видалення кеку на полігон. Утворений фільтрат подається на стадію ТП5.1, а утворений осад на майданчики для збереження або на полігон для поховання. Робочий тиск 0,16 МПа, здійснюється технічний контроль тиску.

ПВ 10. Підсушування на аварійних мулових майданчиках. Зі стадії ПВ 9.2 у разі необхідності 20% збродженого осаду подаються на аварійні майданчики, де підсушуються. Дренажна вода насосами перекачується у головну очисних споруду - аеротенк (на стадію ТП 5), осад – на утилізацію. Здійснюється шляхом подальшого відвантаження для виробництва тротуарної плитки.

ПВ 11. Підсушування піщаної пульпи на піскових майданчиках. Зі стадії ТП5.2 надходить пісок, що подається на піщані майданчики, де підсушується. Дренажна вода насосами перекачується у голову очисних споруд (на стадію ТП 5.1), висушений пісок – на вивезення.

ПВ 12. Збирання біогазу у газгольдерах. Біогаз з ПВ 9.2 збирається в газгольдерах з об'ємом 300 м³, який далі вивозиться на використання.

ЗВ 13. Утилізація відходів

ЗВ 13.1. Сушіння подрібнених відходів. Підсушуються паром, що надходить з котельної від ДР4. Процес здійснюється протягом 20 хвилин при температурі 65±1°С.

ЗВ 13.2. Високотемпературне спалювання у печах. Процес здійснюється в обертовій печі. Піч має діаметр 2,2 м і футерована зсередини шамотною цеглою товщиною 230мм. Довжина печі 10 м (при наявності доочищення в котлах), і 18м при її відсутності, частота обертання печі до 1 об / хв, кут нахилу печі – 3°. З торця печі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

встановлений газомазутний пальник, що працює тільки в період розпалу печі і автоматично відключаються при підвищенні температури в печі вище 1400°C. Зола, що утворюється вивозиться на сміттєзвалища.

3.3. Контроль виробництва

Для забезпечення якості очищення стічної води згідно до вимог стандартів, а також для запобігання втрат ресурсів, слід передбачити і забезпечити поточний контроль за технологічним процесом на всіх його етапах.

Таблиця 3.3.1. Точки і параметри контролю

| № | Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби | Параметр, що контролюється | Частота контролю | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Метод контролю параметра, тип приладу |
|---|--|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Надходження стічних вод на каналізаційні очисні споруди | Витрати стічних вод, м ³ /добу | 1 раз на добу | 90000, $\Delta=\pm 3\%$ | Акустичний витратомір |
| | | pH | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 8-9, $\Delta=\pm 0,05$ | Іономір лабораторний |
| | | Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 1000, $\Delta=\pm 10\%$ | КНД 211.1.4.039-95 |

Продовження таблиці 3.3.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | Температура, °C | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | Не більше 23, $\Delta=\pm 0,1\%$ | Термометр |
| | | БСК _{повн} , мг/дм ³ | 2 рази на тиждень | 1200, $\Delta=\pm (2,4-4)\%$ | КНД 211.1.4.024-95 |
| 2 | Підготовка аераційного повітря | Робочий тиск нагнітання в повітродувку, МПа | 1 раз на годину | 0,16, $\Delta=\pm 2,5\%$ | Манометр |
| 3 | Підготовка хлорної води | Масова концентрація хлору, г/дм ³ | 1 раз на годину | 3, $\Delta=\pm (10-15)\%$ | Концентра- томір КОХ-1 |
| 4 | Підготовка 10% розчину сульфат алюмінію (Ш) | Масова концентрація розчину сульфат алюмінію, % | 1 раз на годину | 10, $\Delta=\pm (10-15)\%$ | Концентра- томір КОХ-1 |
| 5 | Очищення на решітках | Пропускна здатність | 1 раз на добу | Не менше 60 % від максимальної | Візуально за ступенем контрміна- ції |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | Очищення на пісковловлювачах | Масова концентрація піску та мінеральних речовин на вході, мг/дм ³ | 1 раз на добу | 0,8, $\Delta=\pm 5\%$ | КНД 211.1.4.045-95 |
| 7 | Відстоювання | Масова концентрація завислих речовин на вході, мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | Не більше 150, $\Delta=\pm 5\%$ | КНД 211.1.4.039-95 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЕКБ.БЕ5122.ДП

Арк.

Продовження таблиці 3.3.1

| | | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|---|--|
| | | Масова концентрація завислих речовин на виході, мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 136,4 $\Delta=\pm 5\%$ | КНД 211.1.4.039-95 |
| | | Температура | Кожні 2 години і 1 раз на добу | Не більше 40°C, $\Delta=\pm 0,01\%$ | Термометр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | Біологічне очищення в аеротенку | Муловий індекс, см ³ /г | 1 раз на добу | Не менше 100, не більше 120 | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Доза активного мулу, г/дм ³ | 3 рази на тиждень | 3,5-4,0 Не менше 3,5 г/дм ³ , не більше 4,0 г/дм ³ | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Температура, °C | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньо добова проба) | 18-20, Не більше 30 $\Delta=\pm 10\%$ | Термометр |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЕКБ.БЕ5122.ДП

Арк.

Продовження таблиці 3.3.1

| | | | | | |
|----|------------------------------------|--|---|--|--|
| | | pH | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | Від 6.5 до 8,5, $\Delta=\pm 0,1$ | Від 6.5 до 8,5, $\Delta=\pm 0,1$ |
| 9 | Вторинне відстоювання | Вологість надлишкового активного мулу, % | 3 рази на тиждень | 99,2-99,7 | Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд |
| | | Температура, °C | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 18-20, Не більше 30 $\Delta=\pm 10\%$ | Термометр |
| | | Масова концентрація завислих речовин | Кожні 2 години 1 раз на добу | Не більше 15 мг/дм ³ | КНД 211.1.4.039-95 |
| 10 | У резервуарі очищеної стічної води | Масова концентрація хлору, г/дм ³ | 1 раз на годину | 3, $\Delta=\pm(10-15)\%$ | Концентрат омір КОХ-1 |
| | | Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³ | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 0,75, $\Delta=\pm (10-18)\%$ | КНД 211.1.4.039-95 |
| | | БСК _{повн} , мг/дм ³ | 2 рази на тиждень | 6, $\Delta=\pm (2,4-4)\%$ | КНД 211.1.4.024-95 |
| | | Температура, °C | Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба) | 18-20, Не більше 30 $\Delta=\pm 10\%$ | Термометр |

| | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|-------------------|---|-----------------------------|
| | | ХСК | 2 рази на тиждень | Не більше 80 мгО/дм ³ , (5-1000) мгО/дм ³ | Методика КНД 211.1.4.023-95 |
| | | Масова концентрація розчиненого кисню | 1 раз на день | Не менше 6,0 мг/дм ³ | МВВ 081/12-0008-01 |
| | | БСК _{повн} | 2 рази на тиждень | Не більше 15 мг/дм ³ | КНД 211.1.4.024-95 |
| | | Сухий залишок | 1 раз на тиждень | Не більше 100 мг/дм ³ | КНД 211.1.4.042-95 |

3.4 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс розраховується для стадій сумісної обробки стічних вод міста і крохмалепаточного комбінату. Розрахунок ведеться на 1 добу обробки стічних вод.

1. Об'єм осаду, що затримується на пісковловлювачах (за кількості затриманого піску на одну людину 0,02 л/добу і при нормі водовідведення $n=250 \text{ л/м}^3$) :

$$V_n = (Q_{\text{сер.доб.}} \cdot 0,02) / (n \cdot 1000) = (90000 \cdot 0,02) / 250000 = 7,2 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

При його середній густині $\rho=1500 \text{ кг/м}^3$ маса забруднень складе:

$$M_n = 7,2 \cdot 1500 = 10800 \text{ кг}.$$

2. Приймавши коефіцієнт приросту активного мулу $K_g=0,3$, визначимо приріст активного мулу в аеротенку за наступною формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{\text{ЗР}}^{\text{к.ф}} + K_{\text{П}} \cdot C_{\text{сум,БСК}}^a = 0,8 \cdot 136,4 + 0,3 \cdot 230 = 178,2 / \text{м}^3,$$

3. Загальні втрати при очищенні стічних вод становлять 0,45% або:

$$90000 \cdot 0,45 / 100\% = 405 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Результати представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Матеріальний баланс очищення стічних вод

| Використано | | | | | Отримано | | | | |
|-------------------------------|--|----------------------|----------------------|-------|-------------------------------|--|-------------------|----------------------|-------|
| Стадія | Назва сировини, матеріалів та Напівпродуктів | Кількість | | | Стадія | Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів | Кількість | | |
| | | кг/м ³ СВ | м ³ /добу | кг | | | кг/м ³ | м ³ /добу | кг |
| Механічне очищення суміші СВ | СВ: | - | 90000 | - | Механічне очищення суміші СВ | СВ: | | 89590 | |
| | Завислі реч-и | 0,220 | - | 19800 | | Завислі речовини | 0,136 | - | 12184 |
| | БСК _{повн} | 0,255 | - | 22950 | | БСК _{повн} | 0,230 | - | 20607 |
| | Пісок | - | 7,2 | 10800 | | Пісок | - | - | - |
| | | | | | Вилучено: | Завислі речовини | - | 52 | 7616 |
| | | | | | | БСК _{повн} | - | - | 2313 |
| | | | | | | Пісок | - | 7,2 | 10800 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | Втра-ти: | СВ | - | 350,8 | - |
| | | | | | | Забруд-нювачі | - | - | 33 |
| Всього: | | - | 90000 | 53550 | Всього: | | | 90000 | 53550 |
| Біологічне очищення суміші СВ | СВ: | - | 89590 | - | Біологічне очищення суміші СВ | СВ: | | 89180 | |
| | Завислі реч-и | 0,136 | - | 12184 | | Завислі речовини | 0,001 | - | 89 |
| | БСК _{повн} | 0,230 | - | 20607 | | БСК _{повн} | 0,003 | - | 268 |
| | Приріст біомаси | 0,178 | - | 15947 | | Приріст біомаси | - | - | - |
| | | | | | Вилучено: | Завислі речовини | - | 49,2 | 12295 |
| | | | | | | БСК _{повн} | - | - | 20540 |
| | | | | | | Приріст біомаси | - | - | 15868 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | Втра-ти: | СВ: | - | 360,8 | - |
| | | | | | | Забруд-нювачі | - | - | 35 |
| Всього: | | - | 89590 | 48738 | Всього: | | - | 89590 | 48738 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЕКБ.БЕ5122.ДП

Арк.

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1 Розрахунок витрат стічних вод

Надходження стічних вод на очисні споруди від міста має нерівномірний характер протягом доби. Згідно з завданням середньодобова витрата стічних вод міста і підприємства дорівнює:

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і підприємства складає:

$$Q_{\text{сее.доб}} = 90000 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сее.год}} = \frac{Q_{\text{сее.доб}}}{24} = \frac{90000}{24} = 3750 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сее.с.}} = \frac{Q_{\text{сее.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{90000}{24 \cdot 3600} = 1,041 \text{ м}^3 / \text{с.} [5]$$

Середньосекундна витрата в дм³ становить:

$$q_{\text{сеп.с.}} = Q_{\text{сее.с.}} \cdot 1000 = 1,041 \cdot 1000 = 1041 \text{ дм}^3 / \text{с.}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сеп.с.}} = 1,47 \cdot 1041 = 1530 \text{ дм}^3 / \text{с.},$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сеп.с.}} = 0,69 \cdot 1041 = 718 \text{ дм}^3 / \text{с.}, [5]$$

де $q_{\text{сеп.с.}}$ — середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод, м³/с;

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|------|---------------------------------------|--|--|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |
| Розроб. | | Романовська | | | ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Козар М. Ю. | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | | |
| Затверд. | | Козар М. Ю. | | | | | | | | |

K_{\max} – коефіцієнт максимальної нерівномірності водовідведення [5].

Коефіцієнти нерівномірності водовідведення визначаються з таблиці №2 ДБН В.2.5-75:2013 шляхом інтерполяції [4].

Визначаємо коефіцієнти максимальної і мінімальної нерівномірності водовідведення, вони становлять: $K_{\max}=1,47$ і $K_{\min} = 0,69$, відповідно.

Максимальна витрата стічних вод:

$$Q_{\max} = 3,6 \cdot q_{\max \text{ .с.}} = 3,6 \cdot 1530 = 5508 \text{ м}^3 / \text{год.} [5].$$

4.2. Розрахунок концентрацій забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{ мг / дм}^3, \quad (5.7.)$$

$$N = \frac{Q_{\text{поб}}}{a} * 1000 = 80000 / 300 * 1000 = 266666, \text{ чол.}$$

Приймається 267000 чол.

де a – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб, яка визначається за [1, табл. 25] і приймається: 65 г/доб завислих речовин, 40 г/доб – БСК_{повн}, 2,5 г/доб – ПАР; N – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 300 дм³/(доб·люд.); $Q_{\text{поб}}$ – витрата господарсько-побутових стічних вод, м³/доб [5].

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{зр}} = \frac{a_{\text{зр}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 267000}{80000} = 217 \text{ мг / дм}^3.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{БСК} = \frac{a_{БСК} \cdot N}{Q_{поб}} = \frac{75 \cdot 267000}{80000} = 250 \text{ мг / дм}^3.$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{ПАР} = \frac{a_{ПАР} \cdot N}{Q_{поб}} = \frac{2,5 \cdot 267000}{80000} = 8,3 \text{ мг / дм}^3. [5]$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{сум} = \frac{C_{поб} \cdot Q_{поб} + C_{вир} \cdot Q_{вир}}{Q_{поб} + Q_{вир}}, \text{мг / дм}^3,$$

де $C_{вир}$ – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм³; $Q_{вир}$ – витрата виробничих стічних вод, м³/доб [5].

Концентрація завислих речовин у суміші стічних водах:

$$C_{сум,ЗР} = \frac{C_{ЗР} \cdot Q_{поб} + C_{вир,ЗР} \cdot Q_{вир}}{Q_{поб} + Q_{вир}} = (217 \times 80000 + 150 \times 10000) / 90000 = 220, \text{мг / дм}^3,$$

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у суміші стічних водах:

$$C_{сум,БСК} = \frac{C_{БСК} \cdot Q_{поб} + C_{вир,БСК} \cdot Q_{вир}}{Q_{поб} + Q_{вир}} = (250 \times 80000 + 300 \times 10000) / 90000 = 255, \text{мг / дм}^3.$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{сум,ПАР} = \frac{C_{ПАР} \cdot Q_{поб} + C_{вир,ПАР} \cdot Q_{вир}}{Q_{поб} + Q_{вир}} = (8,3 \times 80000 + 10 \times 10000) / 90000 = 8,49, \text{мг / дм}^3. [5].$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.3 Розрахунок необхідного ступеню очищення стічних вод міста та крохмалепаточного заводу

Розрахунок необхідного ступеню очистки проводимо за методом Фролова-Родзіллера [5].

Визначаються гранично допустимі концентрації речовин у водоймі за завислими речовинами, водоспоживання. Згідно завдання, річка відноситься до господарсько-побутового типу водокористування, що має наступні вимоги до води [4]:

| | | |
|---|--------------------|-----------------------------------|
| Приріст вмісту завислих речовин: | $\Delta P \leq$ | $0,75 \frac{\text{мг}}{\text{л}}$ |
| $BCK_{\text{повне}}$ води в точці забору: | $BCK_{\text{дон}}$ | $6 \frac{\text{мгO}_2}{\text{л}}$ |
| Мінімальний вміст розчиненого кисню влітку: | O_{min} | $4 \frac{\text{мгO}_2}{\text{л}}$ |

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{\text{cp}} \cdot H_{\text{cp}}}{200} = \frac{1,8 \cdot 3,2}{200} = 0,029,$$

де V_{cp} - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання – 1,8); H_{cp} - середня глибина річки на тій же ділянці, м (згідно завдання – 3,2) [5].

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{сеп.с.}}}} = 1,6 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,029}{1,041}} = 0,73,$$

де φ - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій - 1,6; ξ – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (Приймається русловий випуск – 1,5); q - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с [5].

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,73 \sqrt[3]{3000}}}{1 + \left(\frac{20}{1,041} \right) e^{-0,73 \sqrt[3]{3000}}} = 0,999, \quad (5.11)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання – 3 км); $Q = 20$ м³/с - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м³/с (згідно завдання); $q = 1,041$ - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с [5].

Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{ГДК}^{\text{ЗР}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} + 1 \right) + C_{\phi} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,999 \cdot 20}{1,041} + 1 \right) + 15 = 30,14 \text{ мг} / \text{дм}^3, \quad (5.12)$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,25 г/м³); C_{ϕ} - фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання=12 мг/дм³) [5].

Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$C_{БСК}^{доп} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} \cdot \left(\frac{C_{БСК}^н}{10^{-k \cdot t}} - C_{БСК}^ф \right) + \frac{C_{БСК}^н}{10^{-k \cdot t}} =$$

$$= \frac{0,999 \cdot 20}{1,041} \cdot \left(\frac{6}{10^{-0,08330,0192}} - 5,2 \right) + \frac{6}{10^{-0,0833 \cdot 0,0192}} = 21,8 \text{ мг/дм}^3, \quad (5.13)$$

Де $C_{БСК}^{доп}$ - значення БСК_{повн}, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм³; $C_{БСК}^ф$ - фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання = 5,2 мг/дм³), $C_{БСК}^н$ - гранично-допустиме значення БСК_{повн} у розрахунковому створі річки (дорівнює 6 мг/дм³), γ - коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою (дорівнює 0,999)

k- константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба⁻¹ (дод. К, табл. К.1,); Цей показник залежить від температури влітку наступним чином [4]:

| | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| $T, ^\circ C$ | 0 | 5 | 9 | 12 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 |
| $K=$ | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 |

Згідно завдання, температура вод річки в літній період становить 18°C, отже k=0,0833. t - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{cp} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3000}{1,8 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,0192 \text{ доб}, \quad (5.14)$$

де L- відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м; V_{cp} - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, 1,8 м/с.

Розрахунок допустимого БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої аерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати величину:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с.}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{\min}) - \frac{O_{\min}}{0,4} =$$

$$= \frac{0,999 \cdot 20}{0,4 \cdot 1,041} \cdot (9,2 - 0,4 \cdot 5,2 - 4) - \frac{4}{0,4} = 139,7 \text{ мг/дм}^3, \quad (5.15)$$

де $C_{БСК}^{O_2}$ - БСК_{повн} стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, 139,7 мг/дм³; O_{ϕ} –фонова концентрація розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання = 9,2); O_{\min} - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, 4 мг/дм³; $C_{БСК}^{\phi}$ - 5,2 фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання); 0,4- коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂ [5].

За розрахункове значення БСК_{повн} приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках. Отримане значення концентрації завислих речовин (30,14 мг/дм³) свідчить про достатність повного біологічного очищення, значення БСК_{повн} (21,8 мг/дм³) свідчить також про достатність повного біологічного очищення, бо повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК_{повн}=15 мг/дм³, $C_{зр}$ =15 мг/дм³.

4.4 Розрахунок очисних споруд

Розрахунок первинних відстійників

Приймається радіальний тип відстійника , визначається в залежності від пропускної здатності очисних споруд.

Ефективність E_{set} відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм³. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^n - C_{зр}^к}{C_{зр}^n} \cdot 100\% = \frac{220 - 150}{220} \cdot 100 = 32\%,$$

де $C_{зр}^n$ - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, мг/дм³;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$C_{зр}^K$ - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, мг/дм³ [4].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за (дод. К, табл. К.2) і становить: $t_{set}=496$ с.

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,0 \cdot 496 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,17}} = 2,3 \text{ мм/с},$$

де K_{set} - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника=0,45; H_{set} – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійник $a=3$; α - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод = 1 (дод. К, табл. К.3); t_{set} – тривалість відстоювання, с; h – висота циліндра = 0,5 м; n_2 – показник степеня, який залежить від агломерації частинок, приймається за 0,17 (дод. К, табл.К.4) [4].

Таблиця. К.4 Типові розміри первинних радіальних відстійників

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Діаметр, м | 24 |
| Типовий проект | ТП 902-2-363.83 |
| Діаметр розподільного пристрою, м | 1,6 |
| Гідравлічна глибина, м | 3,4 |
| Висота зони осаду, м | 0,3 |
| Об'єм зони осаду, м ³ | 210 |

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійників:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) (U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2) \cdot (2,3 - 0) = 1662, \text{ м}^3/\text{год}$$

де D – діаметр відстійника, м; d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника (дод. К, табл. К.5) чи центральної труби вертикального відстійника, м; v – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді, при швидкості 5-10 мм/с приймається 0 (дод. К, табл. К.6). Прийmemo D=24 м, d=1,6 м [4].

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд [4]. Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{vax}}{q_{set}} = \frac{5508 \cdot 1,2}{1662} = 3,97 \text{ шт.},$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод = 5508 м³/год .

За розрахунками приймаємо 4 первинних радіальних відстійника діаметром 24м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{vax}}{N_{\phi}} = \frac{5508}{4} = 1374 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1374}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,9 \text{ мм/с. [4]}$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,9 \cdot 1,0 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,3}} = 527 \text{ с.}$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при C_{поч} = 220 і t_{set}^φ = 527 с становить (дод. К, табл. К.1): E^φ=38 % [4]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

При отриманому E^{Φ} концентрація завислих речовин:

$$C_{зр}^{к, \phi} = C_{зр}^n - \frac{E^{\phi} \cdot C_{зр}^n}{100} = 220 - \frac{38 \cdot 220}{100} = 136,4 \text{ мг/дм}^3. [5]$$

Розрахунок аеротенку

Значення $БСК_{повн}$ стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10%, мг/дм³ :

$$255 - (255 \cdot 0,1) = 230 \text{ мг/дм}^3.$$

Згідно [5], при концентрації $БСК_{повн} < 500$ мг/дм³ приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу ($БСК_{повн} > 150$ мг/дм³).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах 2-4,5 г/дм³ та значення мулового індексу 70-100 см³/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу [4]:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27, \quad (5.28)$$

де a_a – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм³; J – муловий індекс, який становить 85 см³/г.

Згідно з [4], значення R , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо $R=0,3$ (за допомогою мулоскребів – 0,4; самопливом – 0,6).

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \text{ г/дм}^3. \quad (5.29)$$

Концентрація органічних забруднень за $БСК_{повн}$ в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{230 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 180 \text{ мг/дм}^3, \quad (5.30)$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ - показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10%, мг/дм³;

$C_{\text{БСК}}^k$ - показник БСК_{повн} в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм³ [5].

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \cdot \lg \frac{180}{15} = 1,7 \text{ год}. \quad (5.31)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^k} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p} = \quad (5.32)$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\text{max}} = 85$ мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод [4,табл.40]; C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм³; K_L - константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БСК_{повн}/дм³ [4]; K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО₂/дм³ [4,табл.40]; φ - коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм³/г [4].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p (1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер.р}}} = \frac{230 - 15}{6,7(1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{23} = 6,04 \text{ год}, \quad (5.33)$$

де S – зольність активного мулу, приймається 0,3; $T_{\text{сер.р}}$ – середньорічна температура стічних вод, становить 23 °С (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 6,04 - 1,7 = 4,3 \text{ год}. \quad (5.34)$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$t_{\text{сеп}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 1,7 + 4,03 \cdot 0,3 = 3,4 \text{ год.} \quad (5.35)$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{сеп}} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сеп}}} = \frac{2,5(1 + 0,3) \cdot 1,7 + 6,7 \cdot 0,3 \cdot 4,3}{3,4} = 4,2 \text{ г/дм}^3. \quad (5.36)$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум, БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^K)}{a_{\text{сеп}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сеп}}} = \frac{24(230 - 15)}{4,2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4,3} = 408 \text{ мг/г} \cdot \text{добу} \cdot [4]. \quad (5.37)$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [5], (дод. К, табл. К.8), методом інтерполяції , яке становить: $I_\phi = 81,2 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^\phi = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{81,2} - 2,5} = 0,25.$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення R_ϕ не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%.

Нове значення R_ϕ - 0,25, не перевищує попереднє 0,3.

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}} = (1 + 0,3) \cdot 1,7 \cdot 5508 = 12173 \text{ м}^3;$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 4,3 \cdot 0,3 \cdot 5508 = 7105 \text{ м}^3,$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 12173 + 7105 = 19278 \text{ м}^3.$$

Приймаємо кількість секцій $N_c = 4$.

Об'єм однієї секції складає:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{19278}{4} = 4820 \text{ м}^3.$$

Приймається трьохкоридорний аеротенк з 4 секціями з робочою глибиною $H = 4,4 \text{ м}$; шириною коридорів $B = 6 \text{ м}$.

Номер типового проекту: 902-2-193. [4].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{19278}{6 \cdot 4,4 \cdot 4 \cdot 3} = 61 \text{ м},$$

де N – кількість секцій аеротенка, шт.; n_k – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{7105}{19278} \cdot 100 = 37\%.$$

Отже, для трьох коридорного аеротенку і даного розподілу рециркуляційного мулу відводиться 2 коридори на сам аеротенк, а 1 – на регенератор.

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$\Pi = 0,8 \cdot C_{зр}^{к,ф} + K_{\Pi} \cdot C_{сум,БСК}^a = 0,8 \cdot 136,4 + 0,3 \cdot 230 = 178 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де $C_{зр}^{к,ф}$ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, $\text{мг} / \text{дм}^3$;

K_{Π} – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3 [4].

Розрахунок аерації

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{нов} = \frac{q_o \cdot (C_{сум}^{блк} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (230 - 15)}{1,34 \cdot 2,68 \cdot 0,59 \cdot 1,06 \cdot (10,3 - 2)} = 12,7 \text{ м}^3 / \text{м}^3,$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні $1,1 \text{ мг} / \text{дм}^3$;

K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

зони та аеротенка ($f_{a.з}/f_a=0,3/6=0,05$) [1,табл.42], (дод. К, табл. К.9);

K_2 — коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [1,табл.43], (дод. К.10);

K_3 — коефіцієнт якості води для міських стічних вод [1,табл.44], (дод. К.9);

K_T — коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{сер.р}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{сер.р} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (23 - 20) = 1,06,$$

де C_a — розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів (h_a) за формулою:

$$C_a = (1 + \frac{h_a}{20,6}) \cdot C_T = (1 + \frac{4,4}{20,6}) \cdot 8,5 = 10,3 \text{ мг/дм}^3,$$

де C_T — розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить 8,5 мг/дм³ [4, табл. 3.5, дод. К.11]; C_o — середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм³.

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{нов} \cdot H}{t_{cee}} = \frac{12,7 \cdot 4,4}{3,4} = 16,4 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де H — глибина аеротенка, м.

Оскільки нерівність $I_{\min} < I < I_{\max}$ ($3,25 < 16,4 < 10$) не виконується, то необхідно здійснити перерахунок, змінивши кількість рядів фільтросних пластин, приймемо 3штуки. Тоді $f_{a.з}/f_a=0,9/6=0,15$.

$$q_{нов}^* = \frac{q_o \cdot (C_{сум}^{бнк} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (230 - 15)}{1,58 \cdot 2,68 \cdot 0,62 \cdot 1,06 \cdot (10,7 - 2)} = 9,8 \text{ м}^3 / \text{м}^3,$$

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I^* = \frac{q_{нов}^* \cdot H}{t_{cee}} = \frac{9,8 \cdot 4,4}{3,4} = 12,7 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

Нерівність $I_{\min} < I^* < I_{\max}$ ($3 < 12,7 < 15$) виконується, отже кількість фільтросних пластин обрано правильно.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{нов}} \cdot Q_{\text{пвх}} = 9,8 \cdot 5508 = 53978 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Повітрорудки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря [4].

Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків. Доцільно приймати вторинні відстійники того ж типу, що і первинні - радіального. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_{\text{а}})^{0,5-0,01 \cdot a_{\text{а}}}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 81,2 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,79, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де $K_{\text{відст.}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4; $H_{\text{з.в.}} = 3,7$ - глибина зони відстоювання, м; $J_{\text{м}}^{\phi} = 81,2$ фактичне значення мулового індексу, $\text{см}^3 / \text{г}$; $a_{\text{а}}$ - концентрація активного мулу в аеротенку - $2,5 \text{ г} / \text{дм}^3$; $a_{\text{т}}$ - концентрація активного мулу у воді після відстоювання - $15 \text{ мг} / \text{дм}^3$ [5].

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{q} = \frac{3750}{1,79} = 2095, \text{ м}^2$$

де $Q_{\text{сер.год}}$ - середньогодинна витрата стічних вод, $\text{м}^3 / \text{год}$.

Площа одного вторинного відстійника визначається за формулою:

$$f = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} = 706,5, \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість вторинних відстійників:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$n = \frac{F}{f} = \frac{2094}{706,5} = 2,96$$

Приймаємо за типовим проектом № 902-2-89/75 3 вторинних робочих і 1 аварійний радіальних відстійника з діаметром 30 м [4].

| Номер типового проекту | Діаметр, м | Глибина, м | Діаметр трубопроводу, мм | | Об'єм зони, м ³ | |
|------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|----------------------------|-------------|
| | | | підвідного | відвідного | мулової | відстійника |
| 902-2-89/75 | 30 | 3,7 | 1400 | 900 | 440 | 2190 |

Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку метантенка потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

Визначаємо витрату сухої речовини осаду:

$$O_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ЗР}}^{\text{сум}} \cdot E \cdot k \cdot Q_{\text{сум.доб}}}{10^6} = \frac{220 \cdot 38 \cdot 1,1 \cdot 90000}{10^6} = 8,27 \text{ т / доб},$$

де $C_{\text{ЗР}}^{\text{сум}}$ - концентрація завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод міста, мг/дм³; E- ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках-38; %; k - коефіцієнт, що враховує крупні частинки, які не уловлюються при відборі проб (рекомендується приймати рівним 1,1); $Q_{\text{сум.доб}}$ - розрахункова витрата стічних вод, м³/добу [5].

Визначаємо витрату надлишкового активного мулу:

$$M_{\text{сух}} = \frac{Q_{\text{сум.доб}} \cdot (II - b)}{10^6} = \frac{90000 \cdot (177,97 - 15)}{10^6} = 14,67 \text{ т / доб},$$

b - концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм³, де II - приріст активного мулу- 177,97 мг/дм³.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\Pi = 0,8 \cdot C_{зр} + K_{\Pi} \cdot C_{\text{сум.БСК}} = 0,8 \cdot 136,4 + 0,3 \cdot 229,5 = 177,97 \text{ мг/дм}^3.$$

$$C_{\text{сум.БСК}} = 255 - (255 \cdot 0,1) = 229,5 \text{ мг/дм}^3.$$

$C_{зр} = 136,4 \text{ мг/дм}^3$ - концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк; $C_{\text{сум.БСК}}$ - показник БСК_{повн} стічної води, що надходить в аеротенк, розраховується як різниця $C_{\text{БСК}} - 255 \text{ мг/дм}^3$ 10-15% від $C_{\text{БСК}}$. K_{Π} - коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3 [5].

Визначаємо витрату беззольної речовини осаду ($O_{\text{без}}$) та надлишкового активного мулу ($M_{\text{без}}$):

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{ос}}) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10^4} = \frac{8,27 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 5,49 \text{ т / доб},$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{м}}) \cdot (100 - Z_{\text{м}})}{10^4} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 9,75 \text{ т / доб},$$

де $B_{\text{ос}}$ та $B_{\text{м}}$ - гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5%; $Z_{\text{ос}}$ та $Z_{\text{м}}$ - зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30% [5].

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює 1 т/м^3 , визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})} = \frac{100 \cdot 8,27}{(100 - 95)} = 165,4 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})} = \frac{100 \cdot 14,67}{(100 - 98)} = 733,5 \text{ м}^3 / \text{доб},$$

де $W_{\text{ос}}$ - вологість осаду, яка приймається: при самопливному видаленні – 95%; $W_{\text{м}}$ - вологість ущільненого мулу, 98% [5].

Вміст сухої речовини у осаді:

$$S_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} = 8,27 + 14,67 = 22,94 \text{ т / доб}.$$

Вміст беззольної речовини осади:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$S_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 5,49 + 9,75 = 15,24 \text{ т / доб.}$$

Загальна витрата осаду та активного мулу:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{м}} = 165,4 + 733,5 = 914,4 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу:

$$W_{\text{заг}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{22,94}{898}\right) = 97,5\%.$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу:

$$\begin{aligned} Z_{\text{заг}} &= \left[1 - \frac{S_{\text{без}}}{O_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{ос.}}}{100}\right) + M_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{м.}}}{100}\right)} \right] \cdot 100 = \\ &= \left[1 - \frac{15,24}{8,27 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right) + 14,67 \cdot \left(\frac{100 - 5}{100}\right)} \right] \cdot 100 = 30\%. \end{aligned} \quad [5].$$

4.5 Розрахунок метантенку

Для анаеробного зброджування суміші сирого осаду і НАМ використовується метантенк із термофільним режимом зброджування

Робочий об'єм метантенка визначається за формулою:

$$V_{\text{мет}} = \frac{100 \cdot V_{\text{заг}}}{D} = 100 \cdot 898 / 20,76 = 4325,6 \text{ м}^3,$$

де $D = 20,76$ добова доза завантаження осаду в метантенк, %, яка приймається в залежності від режиму зброджування та середньої вологості завантажуваного осаду ($W_{\text{заг}}$), термофільний режим, $W_{\text{заг}} = 97,5\%$)

Схематичне зображення метантенка наведено на рис. 4.5 [5].

При наявності в стічних водах поверхнево-активних речовин прийняту дозу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

завантаження необхідно перевірити за формулою:

$$D_{ПАР} = \frac{10 \cdot D_{зр}^{ПАР}}{C_{ПАР} \cdot (100 - W_{зас})} = (10 \cdot 65) / 5,93 \cdot (100 - 97,5) = 43,8\%,$$

де $D_{зр}^{ПАР}$ - гранично допустиме завантаження робочого об'єму метантенків ПАР, яке для побутових стічних вод приймається рівним 65 г/(м³·добу); $C_{ПАР}$ - концентрація поверхнево-активних речовин в осаді, мг/г.

Концентрація поверхнево-активних речовин в суміші осаду та активного мулу визначається за виразом:

$$C_{ПАР} = \frac{(a_o \cdot O_{сyx} + a_m \cdot M_{сyx})}{S_{сyx}} = (7,9 \cdot 8,27 + 5 \cdot 14,67) / 22,94 = 5,93 \text{ мг/г},$$

де $a_o = 7,9$ та $a_m = 5$ - концентрація ПАР в осаді та в активному мулі, мг/г, яка приймається в залежності від концентрації ПАР у стічній воді [5].

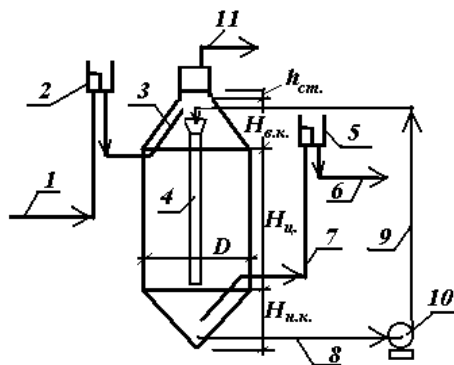


Рисунок 4.5 – Схематичне зображення метантенка:

- 1 - трубопровід подачі осаду на зброджування; 2 - завантажувальна камера; 3 - впускний трубопровід; 4 - труба з гідроелеватором; 5 - розвантажувальна камера; 6 - трубопровід випуску збродженого осаду; 7 - випускний трубопровід; 8 - всмоктуючий трубопровід системи перемішування; 9 - напірний трубопровід системи перемішування; 10 - насос для перемішування осаду; 11 - випуск газу

Якщо при перевірочному розрахунку виявиться, що $D_{ПАР} > D$, то об'єм метантенків визначають за величиною D [5].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кількість метантенків приймається не менше двох, обидва робочі. Розміри типових метантенків наведено в додатку К, табл. К. 14.

Прийmemo 2 метантенки з наступними параметрами:

- Корисний об'єм – 2500 м³.
- Діаметр – 17,5 м.
- Висота верхнього конуса – 2,5 м.
- Висота циліндричної поверхні – 8,5 м.
- Висота нижнього конуса – 3.05 м [5].

Максимально можливий розпад беззольної речовини суміші осаду та активного мулу визначається за формулою:

$$R_{gp} = \frac{(R_o \cdot O_{bez} + R_m \cdot M_{bez})}{S_{bez}} = (53 \cdot 5,49 + 44 \cdot 9,75) / 15,24 = 47,24\%,$$

де R_o та R_m - максимально можливий розпад беззольної речовини осаду та активного мулу, який складає, відповідно, 53 та 44 % [5].

Вихід газу становить:

$$\Gamma = R_{gp} \cdot n \cdot D = (47,24 - 0,135 \cdot 20,76) / 100 = 0,44 \text{ м}^3/\text{кг},$$

Де n – коефіцієнт, що враховує залежність виходу газу від вологості та режиму зброджування- 0,135 (при термофільному режимі та вологості - 97,5) D - доза завантаження – 20,76.

Сумарний вихід газу становить:

$$\Gamma_{\text{сум}} = \Gamma \cdot S_{\text{без}} \cdot 1000 = 0,44 \cdot 15,24 \cdot 1000 = 6705 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Для регулювання тиску і зберігання газу у складі очисних споруд передбачаються газгольдини «мокрого типу», об'єм яких розраховується на 2-4 години перебування газу (t_{Γ})-3 год.[1,п. 6.359].

$$V_{\Gamma} = \frac{\Gamma_{\text{сум}} \cdot t_{\Gamma}}{24} = 6705 \cdot 2 / 24 = 558,75 \text{ м}^3.$$

де t_{Γ} -перебування газу в газгольдері-2 год.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розміри типових газгольдерів наведено в додатку К, табл. К.15. Кількість газгольдерів- 2.

Приймаємо типовий газгольдер з типовими параметрами:

- Об'єм – 300 м³.
- Діаметр резервуара – 9300 мм.
- Висота газгольдера – 12500 мм [14].

Кількість беззольної та сухої речовини в збродженій суміші буде складати:

$$S_{\text{без}}^{\text{зб}} = \frac{S_{\text{без}} \cdot (100 - R_{\text{ггр}})}{100} = 15,24 \cdot (100 - 47,24) / 100 = 8,04 \text{ м} / \text{доб};$$

$$S_{\text{сух}}^{\text{зб}} = (S_{\text{сух}} - S_{\text{без}}) + S_{\text{без}}^{\text{зб}} = (22,94 - 15,24) + 8,04 = 15,74 \text{ м} / \text{доб}.$$

Зольність та вологість збродженої суміші визначаються за формулами:

$$Z_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{100 \cdot S_{\text{без}}^{\text{зб}}}{S_{\text{сух}}^{\text{зб}} (100 - B_{\text{г}})} \right) = 100 \cdot (1 - (100 \cdot 8,04) / 15,74 \cdot (100 - 5)) = 46,2\%,$$

Вологість суміші після зброджування:

$$W_{\text{заг}}^{\text{зб}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{сух}}^{\text{зб}}}{V_{\text{заг}}} \right) = 100 \cdot (1 - 15,74 / 898) = 98,2\%$$

де $B_{\text{г}}$ - гігроскопічна вологість збродженої суміші, яка приймається 5 % [5]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Для забезпечення ефективного процесу виробництва та забезпечення безпеки працівників слід неухильно дотримуватись вимог техніки безпеки та охорони праці, які прописані у нормативних актах.

Загальні вимоги безпеки до водопровідно-каналізаційного господарства:

1. Усі водопровідно-каналізаційні споруди, склади реагентів і підсобні приміщення повинні відповідати вимогам СНиП 2.04.05-91

"Отопление, вентиляция и кондиционирование"

2. Усі приміщення водопровідно-каналізаційних споруд обладнуються механічною припливною та витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91 [30] .

3. Усі небезпечні місця на водопровідно-каналізаційних спорудах повинні мати захисні огороження відповідно до ГОСТ 12.3.006-75

4. Приміщення водопровідно-каналізаційних споруд, а також агрегати і механізми забезпечуються природним і штучним освітленням відповідно до НАОП 5.1.11-3.02-91 РД-3215-91 Норм штучного освітлення.

У приміщеннях насосних станцій, очисних споруд водопостачання і каналізації, водопом'якшувальних установок тощо розміщення агрегатів, трубопроводів, механізмів повинно бути таким, щоб до самих агрегатів, до всіх засувок усіх клапанів та інших приладів і механізмів був необхідний прохід і вільний доступ [30].

У разі розміщення устаткування на висоті влаштовують робочі майданчики з огороженням для безпечного обслуговування. Робочі проходи, розташовані на висоті більше 0,5 м над підлогою, або ж помости (майданчики) для обслуговування ємностей із водою, а також

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|--------------------------------------|--|--|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |
| Розроб. | Романовська | | | | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М. Ю. | | | | | | | | | |

опущені частини підлоги, поглиблення, отвори в підлозі, переходи і містки забезпечують огороженнями висотою не менше 1 м із суцільною зашивкою знизу на 0,2 м [30].

6. Усі рухомі частини водопровідно-каналізаційних споруд надійно огорожуються. Якщо огороження не перекривають елементів рухомих частин, що виступають і до яких доводиться близько підходити під час роботи обслуговувальному персоналу, то зазначені елементи закривають кожухами.

7. Металеві частини електродвигунів та іншого устаткування, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, підлягають заземленню (зануленню).

8. Усі вантажопідіймальні машини, знімні вантажозахоплювальні органи і пристрої виготовляють і експлуатують відповідно до вимог Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, затверджених наказом Держгірпромнагляду від 18.06.2007.

Під час експлуатації повітряних компресорів і повітропроводів необхідно дотримуватися вимог ДНАОП 0.00-1.13-71 Правил будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів [31].

10. Посудини, що працюють під тиском, експлуатують із додержанням вимог безпеки, викладених в ДНАОП 0.00-1.07-94 Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

11. Під час зберігання і використання рідкого хлору, аміаку, сірчистого газу і кислот, що "димлять", необхідно дотримуватися вимог СПП СДЯВ та НАПБ.

12. Очищення входних решіток ручними граблями з човнів або льоду дозволяється тільки у разі слабкої течії води (0,3-0,5 м/сек) і малій глибині (до 2 м) і лише при незначних забрудненнях. На глибоких річках із швидкою течією решітки очищаються водолазами або

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

працівниками експлуатації за умови обладнання спеціальних пристроїв і з дотриманням вимог НАОП 5.1.21-1.08-90.

13. Приміщення реагентного господарства - склади реагентів, хлораторні та амонізаційні приміщення тощо, враховуючи токсичні властивості реагентів, обладнують механічною припливно-витяжною вентиляцією з повітрообміном згідно з розрахунком і відповідно до СНиП 2.04.05-91.

14. Усі будівлі і приміщення виробничого та складського призначення водопровідно-каналізаційних споруд повинні бути забезпечені справними засобами пожежогасіння та інвентарем [31].

Захист від виробничого шуму та вібрації

На каналізаційній очисній станції джерелом шуму і вібрацій є технологічне устаткування (обладнання з електроприводами – насоси, змішувачі, лінії транспортування осаду) і вентиляційне устаткування (вентилятори, компресори, трубчаті аератори) [17].

З метою зниження шуму ці механізми закриті кожухами із звуконепроникного матеріалу. Також пропонується вентиляційне обладнання оснащувати звукозахисною ізоляцією та встановлювати на технічному поверсі.

Джерелами вібрації можуть бути: механізм замикання, насоси, що перекачують стічну воду і осади на різних етапах очищення. Для зменшення вібрації в механізмі замикання передбачається зменшення зусилля замикання із збільшенням ходу рухливої плити. Щоб зменшити вібрацію насосів пропонується встановлювати їх на окремих станинах. Для зниження рівня вібрації також проектом передбачена віброізоляція. Під віброуюче устаткування ставляться амортизатори вібрацій, виготовлені зі сталевих пружин [17].

Для вимірювання та аналізу шуму і вібрації передбачені шумоміри і частотні аналізатори [17].

Електробезпека

Електричне устаткування приміщення живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової напруги 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю [18].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Основними причинами ураження людей електричним струмом є доторкання до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних елементів обладнання, які виявилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження напругою через електричну дугу.

Згідно ГОСТ 12.1.038-82 дане виробниче приміщення відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Електроустаткування в даному місці закритого типу [18].

Для забезпечення електробезпеки передбачені: заземлення, захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин, захисні пристрої блокування, застережна сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати.

Також в проекті передбачено захист обладнання від короткого замикання та перевантаження, виконаний автоматичними вимикачами [18].

На очисній станції даного підприємства можливі випадки підвищення рівня статичної електрики, що може значно вплинути на якість кінцевої продукції та бути причиною пожежі чи вибуху. Дія електростатики на людину незначна, але може призвести до виникнення небезпечних випадків (падіння з висоти, потрапляння в небезпечну зону обладнання тощо) [18].

Засоби захисту від статичної електрики у відповідності до «Правил захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості» запропоновано використовувати у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях та в зонах відкритого устаткування. Також встановлюються попереджувальні знаки в даних місцях. Для попередження можливості виникнення небезпечних іскрових зарядів передбачені наступні засоби колективного та індивідуального захисту від статичної електрики згідно ГОСТ 12.4.124-83: заземлюючі пристрої, які зазвичай прикріплюються до електрообладнання; нейтралізатори – пристрої для іонізації повітря в місцях виникнення чи накопичення статичної електрики; антиелектростатичні речовини – використовуються при гідрофобності матеріалу, який є джерелом статичної електрики; екрануючі пристрої [18].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пожежна безпека

Можливими причинами займання може бути пошкодження обладнання, порушення ізоляції струмопровідних частин в результаті механічного пошкодження, старіння, впливу вологи і агресивних середовищ, несправність сигналізації, відкритий вогонь, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, статична електрика, іскри удару і тертя деталей машин і обладнання, а також прямий удар блискавки в будівлю [16].

Для попередження займання активного пилу повітря робочої зони, нагріті поверхні ізолювані захисними кожухами. Для уникнення іскор удару чи тертя усі рухомі частини обладнання своєчасно змащуються. Проектом передбачено встановлення біля входу до приміщення та біля обладнаньпопереджувальних знаків. Для захисту електрообладнання від загорання застосовують пристрої захисного вимкнення (реле типу ЕЛ-1, ЕЛ-12), передбачена ізоляція електропроводки (гетинакс, текстоліт). У якості захисту від дії статичної електрики передбачене заземлення. Для захисту споруди від прямого удару блискавки передбачений блискавковідвід (стрижневий, груповий). Захист споруд при занесенні високих потенціалів по зовнішніх наземних металевих комунікаціях здійснюють шляхом приєднання їх на вході до заземлювача [16].

З метою забезпечення пожежної безпеки в кожному виробничому приміщенні передбачена необхідна кількість первинних засобів пожежогасіння. Протипожежний інвентар знаходиться тільки в спеціально визначених місцях. Для гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити. У виробничих приміщеннях є вогнегасники: вуглекислотні вогнегасники ВВ-5, порошкові вогнегасники ВП-6 [16].

У разі виявлення ознак пожежі кожному з працівників проектом передбачено виконання таких дій:

- черговий лаборант, повідомляє про виникнення пожежі засобами зв'язку органи МНС та Державну пожежну охорону, вказує при цьому адресу об'єкта, кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі чи надзвичайної ситуації, обстановку при пожежі, наявність людей, вказує своє прізвище і посаду, та у разі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

необхідності викликає інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну);

- заступник чергового лаборанта оповіщає людей про виникнення пожежі;

- один працівник, назначений черговим лаборантом, здійснює заходи до евакуації усіх інших працівників;

- другий працівник, назначений черговим лаборантом, здійснює (по можливості) заходи до гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей [16].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

Результатом виконання дипломного проекту стала представлена технологія очищення суміші стічних вод міста та крохмалепаточного комбінату, креслення технологічної, апаратурної схем очищення стічних вод крохмалепаточного комбінату, а також креслення метантенку.

1. В дипломній роботі на основі літературних даних розглянуто характеристику фізико-хімічного складу виробничих стічних вод крохмалепаточного заводу, етапи їх утворення та очищення.
2. Проаналізовано та вибрано найбільш ефективну технологію очищення стічних вод.
3. Було розраховано витрати стічних вод, концентрації забруднень стічних вод, необхідний ступінь очищення стічних вод, а також технологічні характеристики та конструктивні особливості споруди для зброджування осадів.
4. Прийнято споруду для зброджування осадів та надлишкового активного мулу – метантенк за типовим проектом з корисним об'ємом – 2500 м³, діаметром – 17,5 м, висотою верхнього конуса – 2,5 м, висотою циліндричної поверхні – 8,5 , висотою нижнього конуса – 3.05 м.
5. Проаналізовано та наведено заходи щодо забезпечення чинних вимог охорони праці та охорони довкілля.

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|---------------|---|------|----------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | ВИСНОВКИ | Літ. | Арк. | Акроніви |
| Розроб. | Романовськ | | | | | | | |
| Перевір. | Козар М. Ю. | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-51 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | Козар М | | | | | | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. и др. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под общ. ред. В. Н. Самохина. : 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.
2. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1995, № 24, Ст.189.
3. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов. М. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
4. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. «УкрНДІводоканалпроект». К.: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» на пряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. 58с.
6. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 625 с.
7. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Марутовский Р.М., Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М.: Химия, 1983. 288 с.
8. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води/А.К. Запольський-Київ.: Вища школа, 2005. 670 с.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|------|-----------------------------------|--|--|--|--|--|------|---------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | | |
| Розроб. | | Романовська | | | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | | | | Літ. | | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Козар М. Ю. | | | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-51 | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | | | | |
| Затверд. | | Козар М. Ю. | | | | | | | | | | |

9. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ./Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. М: Мир, 2004. 480 с.
10. Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологических процес сов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях: Под редакцией академика ЖКХ РФ В.К. Гордеева-Гаврикова. – Ростов-на-Дону: Издательство «Юг», 2005. 212 с.
11. Мосин О. В. «Биологическая очистка сточных вод». М.: Высшая школа, 2006. 150 с.
12. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.:1988. 68 с
13. Трегубов Н. Н., Костенко В. Г. Технохимический контроль крахмало0паточного производства. М.: Агропромиздат, 1991. 272 с.
14. Саблій Л. А. Обладнання – та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці: підруч. Рівне: 2018. 356 с.
15. Сучасний стан та основні напрямки розвитку крохмале-патокової промисловості України : Цукор України. 2004. № 3–4;
16. НАПБ 06.004-07 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації» Чинний від 03.08.2007. Київ: МНС, 2007.
17. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Чинний від 01.12.1999. –Київ: МОЗ, 1999.
18. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Чинний від 06.10.1997. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 1997.
19. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів. - К.: НУХТ, 2003. 569 с.
20. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2005. 496 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

21. Костенко В.Г., Овчинников А.Е., Горбатов В.М. Производство крахмала. - 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 200 с.
22. УДК: 66.081.63 Лазарев С. И. Применение биоультрафильтрационных процессов в очистке сточных вод крахмало-паточных производств: Изв.вузов. Пищевая технология. – 1997. №2-3. с. 78-80.
23. Эпов А.Н. , Канунникова М. А. Очистка сточных вод предприятий агропромышленного комплекса : НДТ Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2015. №1. с. 52-60.
24. Ю. М. Садова, А. О. Дичко Отримання біогазу шляхом інтенсифікації біологічного очищення стічних вод від екологічно небезпечних забруднювачів : Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Збірник наукових праць. — 2012, № 1.1
25. Біохімічні процеси екологічних технологій: Курс лекцій з дисципліни для студ. напряму 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” ден-. та заочн-. форм навч. / уклад. Н.О.Бублієнко, О.І.Семенова, Т.Л.Ткаченко. К.: НУХТ, 2012. 35-45 с.
26. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ «Рівненська Друкарня», - 2002. 622 с.
27. Губський Ю.І. Біологічна хімія : Київ-Вінниця: Нова книга. 2007. с. 191.
28. УДК: 628.356;628.113;628.543 Семенова О.І., к.т.н., доц., Решетняк Л.Р., к.т.н., доц., Ткаченко Т.Л., Бублієнко Н.О., к.т.н., доц. Характеристика гідробіологічного складу аеробного активного мулу: НУХТ.
29. Кутикова Л. А. Фауна аеротенков (Атлас). Л., Наука, 1984. 264 с.
30. НПАОП 60.1-1.01-04 “Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд на залізничному транспорті.” Чинний від 2.11.2004 р: Редакція від 02.12.2007. . – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 2007.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

31. ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальніположення та вимоги. [Чинний від 1996-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1996. 15 с.

32. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія. — К.: Тернопіль: НУХТ, 2004. 471 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|------|
| | | | | | ЕКБ.БЕ5122.ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |